Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

ELEKTROMYOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER Mm. MASSETER UND Mm. TEMPORALES BEI VERLAGERUNG DES UNTERKIEFERS IN DIE RETRALE KONTAKTPOSITION

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von
Hans-Thomas Kappler
aus
Stuttgart

1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549627_0035

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

ELEKTROMYOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER Mm. MASSETER UND Mm. TEMPORALES BEI VERLAGERUNG DES UNTERKIEFERS IN DIE RETRALE KONTAKTPOSITION

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt
von

Hans-Thomas Kappler
aus
Stuttgart

1980

UNIV.
LEIDEN
NRL.

Dekan: Professor Dr. G. Rassner
Berichterstatter: Professor Dr. E. Körber

FOTODRUCK H. RESCH · Georgstr. 50 · 7402 Kirchentellinsfurt

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2.	KIEFERRELATIONSBESTIMMUNG UND ELEKTROMYOGRAPHIE	2
2.1.	Die Entwicklung der Auffassungen über die Kieferrelation. Literaturübersicht	2
2.2.	Die Entwicklung der Elektromyographie	10
2.3.	Grundlagen und Bedeutung der Elektromyographie	11
3.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	19
3.1.	Erfassung der Patienten, Befundaufnahme und Vorbehandlung	19
3.1.1.	Vorversuche mit der Miniplastschiene	20
3.1.2.	Modellherstellung und instrumentelle Funktionsanalyse der ersten Gruppe im Whip-Mix-Artikulator	26
3.1.3.	Herstellung der Schiene	33
3.1.4.	Instrumentelle Funktionsanalyse der zweiten Gruppe im Dentatus	36
3.2.	Methodik und Auswertung der Elektromyographie	37
3.2.1.	Der Elektromyograph	37
3.2.2.	Die Ableitung der Elektromyogramme	39
3.2.3.	Der Versuchsablauf	41
3.2.4.	Methode der Myogrammauswertung	42
3.3.	Die Fehlermöglichkeiten	45
3.3.1.	Die Fehlermöglichkeiten bei der instrumentellen Funktionsanalyse	45
3.3.2.	Fehlermöglichkeiten bei der Elektromyographie	46

Seite

4.	ERGEBNISSE	47
4.1.	Ergebnisse der mit dem Whip-Mix-System registrierten Probanden (I-V)	47
4.2.	Ergebnisse der mit dem Dentatus-System registrierten Probanden (VI-X)	55
4.3.	Subjektive Ergebnisse aus der Sicht der Probanden	61
5.	WERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE	65
6.	DISKUSSION	68
7.	ZUSAMMENFASSUNG	71
8.	LITERATURVERZEICHNIS	73
	LEBENSLAUF	
	DANKSAGUNG	

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Das Ziel einer oralen Rehabilitation ist die funktionelle Wiederherstellung des Kauorgans. Okklusion und Artikulation der Zähne haben hier einen vorrangigen Stellenwert.

Voraussetzung für diese prothetischen Arbeiten ist eine genaue und auch reproduzierbare Lagebeziehung des Unterkiefers zum Oberkiefer in allen drei Raumrichtungen. Diese Reproduzierbarkeit ist sowohl bei der Herstellung der Arbeit im Artikulator notwendig, als auch bei der späteren Remontage und Kontrolle im Munde des Patienten.

Die derzeitige Diskussion befaßt sich mit der Frage ob bei der Rehabilitation die "neue" Kieferrelation grundsätzlich in der retralen Kontaktposition oder (wie bei 80 - 90 % der Patienten) in einer habituellen Kontaktposition eingestellt werden soll.

Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluß einer Lageänderung des Unterkiefers mittels einer speziellen Aufbißschiene auf die Muskulatur. Dabei wurden solche Fälle herangezogen, die einen Unterschied zu der von ihnen eingenommenen habituellen Interkuspidation und zurückgeführten retralen Kontaktposition von mindestens einem Millimeter aufwiesen.

2. KIEFERRELATIONSBESTIMMUNG UND ELEKTROMYOGRAPHIE

2.1. Die Entwicklung der Auffassungen über die Kieferrelationen. Literaturübersicht.

POSSELT (52) hat in seinen bekannten Untersuchungen schon gezeigt, daß die Grenzbewegungen des Unterkiefers in den drei Raumdimensionen reproduzierbar sind. Alle funktionellen und parafunktionellen Bewegungen die der Unterkiefer ausführen kann, liegen innerhalb dieser Grenzbewegungen. Die unten stehende Abbildung soll die Grenzbewegungen eines vollbezahnten Kiefers in der Sagittalen veranschaulichen.

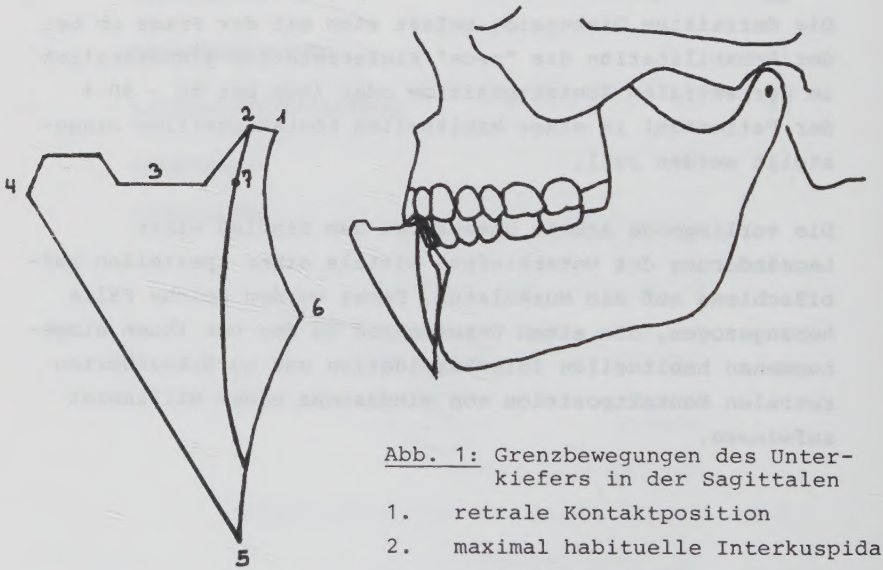


Abb. 1: Grenzbewegungen des Unterkiefers in der Sagittalen

1. retrale Kontaktposition
2. maximal habituelle Interkuspidati
3. inzisales Plateau
4. maximale Öffnungsposition
5. maximale Öffnungsposition

1-6 Rotationsbewegungen des Unterkiefers in retraler Kontaktposition

7. Ruheschwebelage

5-6 kombinierte Dreh- und Gleitbewegung

Geht man in der geschichtlichen Entwicklung dieser Aussagen zurück, so ist festzustellen, daß schon 1866 BALKWILL (2) entdeckte, daß sich der Unterkiefer bei Öffnungs- und Schließbewegungen um eine Achse drehen kann, wobei diese Achse durch beide Kondylen laufen muß. Er stellte weiterhin fest, daß die Kondylen bei der Protrusionsbewegung sich nach ventrokaudal bewegen und der Unterkiefer bei einer Lateralbewegung körperlich versetzt wird. 1905 hat CAMPION (10) diese Feststellungen, die auch teilweise noch Vermutungen waren, wissenschaftlich fundiert. Diese Untersuchungen von CAMPION gaben auch der Vermutung recht, daß sich der Unterkiefer mit einer reinen Rotationsbewegung öffnen und schließen läßt, ohne daß hier eine Gleitkomponente dazukommt. GYSI hat 1907 in diesem Zusammenhang festgestellt, daß das Artikulations- und Okklusionsproblem nur gelöst werden kann, wenn es gelingt, die Unterkieferbewegungen für jeden Patienten individuell aufzuzeichnen und mechanisch zu reproduzieren. Als Konsequenz daraus entwickelte GYSI (22) 1908 einen adjustierbaren Artikulator (Adaptable) mit verstellbaren Gelenkbahnneigungen, verstellbaren Vorrichtungen für die Seitwärtsbewegungen und einem verstellbaren Schneidezahnführungsteller. Bei seinen ausführlichen Untersuchungen an Totalprothesen kam er 1921 zu dem für ihn zwingenden Schluß, daß die Aufstellung der künstlichen Zähne in "zentraler Okklusion" (retraler Kontaktposition) der wichtigste Schritt bei der Totalprothese sei. Die Grundüberlegungen dieser Forderungen entspringen den anhaltenden Bemühungen, die Unterkieferbewegungen auf den Artikulator reproduzierbar übertragen zu können. Diese Übertragungen erfolgten bei GYSI noch auf dem graphischen Weg. HANAU modifizierte diese graphischen intra- bzw. extraoralen Methoden. Er führte 1929 die intraoralen Wachsbisse ein, die er Registrate nannte. Durch diese Registrate, die heute auch Checkbisse genannt werden, konnte Hanau die sagittalen und lateralen Kondylenbahnneigungen ermitteln. Parallel zu dieser Registriermethodik entwickelte HANAU (24, 26, 27) auf technischem Gebiet den noch bis heute gebräuchlichen Artikulator

"Hanau Modell H". Dieser Artikulator ermöglicht eine Einstellung der sagittalen und lateralen Kondylenbahnneigung (Bennettwinkel). Er diente HANAU nicht nur zum Herstellen von Zahnersatz, sondern fand erstmalig auch Anwendung in der analytischen Diagnostik, das heißt, im Aufspüren okklusaler Differenzen. Im heutigen Sprachgebrauch ist hierfür auch das Wort instrumentelle Funktionsanalyse gebräuchlich.

Zur schädelbezüglichen Orientierung der Modelle im Artikulator fanden speziell dafür konstruierte Gesichtsbögen Verwendung. Sie orientieren sich an den Hautpunkten der verlängerten Scharnierachse durch das Zentrum der Kondylen, sowie an einem Infraorbitalpunkt. Zu diesen Verfahren hat Mc COLLUM (43) 1921 eine praktikable Methode entwickelt, durch die sich diese imaginäre Achse lokalisieren läßt. Dabei wird die reine Rotationsbewegung des Unterkiefers bis zu einer bestimmten Öffnungsgröße ausgenutzt. Mit diesen Mitteln fand HANAU 1926 bei einer Nachuntersuchung von ungefähr 1 000 Totalprothesen heraus, daß sich nur 1 % dieser Prothesen in korrekter Schlußbißstellung befanden, wobei dem neutralen Bezugspunkt die Forderung von GYSI zugrunde lag, die besagt, daß eine Totalprothese in der "zentralen Okklusion" ihre maximale Interkuspidation haben muß (23).

Die bisherige Entwicklung der Artikulatoren endete im teiladjustierbaren Bereich. Der Wunsch aller Okklusionsanalytiker war die vollkommene Reproduzierbarkeit der Unterkieferbewegungen. Dieses Ziel war mit den oben beschriebenen Artikulatoren noch lange nicht erreicht. Es konnte deshalb eine Weiterentwicklung in der Artikulatorentechnik nicht ausbleiben. So wurde 1926 unabhängig voneinander der Kinoscope von HANAU und der Trubite Artikulator von GYSI vorgestellt. Beide zählen nach den heutigen Kriterien zu den volladjustierbaren Artikulatoren. Durch panthographische Aufzeichnungen mittels entsprechender Gesichtsbögen am Patienten lassen sich die dort gefundenen Werte exakt im Artikulator wiederholen.

1929 wies C.H. SCHUYLER (58, 59) darauf hin, daß die maximale Interkuspidation bei natürlicher und bei prothetischer Bezahnung unter allen Umständen in rückwärtiger Unterkieferposition stattfinden müßte. Das würde bedeuten, daß die Kondylen des Kiefergelenkes in der dorsalsten, kranialsten und nicht seitenverschobenen Lage durch zahnärztliche Maßnahmen fixiert werden müßte. Da nach Untersuchungen,die später noch angeführt werden,nur 8 - 10 % der Patienten in dieser Unterkieferlage sich bewegen, hätte diese Forderung für die Zahnärzte einen immensen Arbeitsaufwand zur Folge. Diese Aussagen sind auch im Vergleich zu GYSI wesentlich weitreichender, da SCHUYLER als Konsequenz seiner Aussage das Einschleifen des natürlichen Gebisses verlangt. Durch diese Maßnahmen soll der Unterkiefer von einer nicht retralen Lage (meist habituelle Interkuspidation) in die Retrallage forciert werden. Da diese Einschleifforderungen noch heute (mit Einschränkungen) in der "gnathologischen Schule" Gültigkeit haben, zeichnet sich ein erster Problemkreis in Hinsicht auf die physiologische Lage des Unterkiefers ab. BAUER und GUTOWSKI (3) schreiben in ihrem Buch, daß sowohl die Retrallage als auch die habituelle Interkuspidation eine muskelorientierte Kontaktposition sei. Werden dann bei einer Okklusionskorrektur durch Einschleifen in die retrale Kontaktposition die Frühkontakte weggenommen, so schließt der Patient sofort ohne Führung in diese neue Position. Er trifft folglich nicht mehr in der habituellen Interkuspidation zusammen.

Weiter wird dazu von den oben genannten Autoren bemerkt, daß bei einer instrumentellen Funktionsanalyse nahezu immer Schliffstellen an den Okklusionsfacetten festzustellen sind, die den Unterkiefer aus der retralen Position in die habituelle Interkuspidation zwingen. Der Patient versucht folglich unterbewußt die retrale Kontaktposition einzunehmen. Das würde dann bedeuten, daß die retrale Kontaktposition als die physiologische Unterkieferlage angesehen werden müßte. Eine Argumentation dafür ist das von einigen Autoren

beschriebene Zurückgleiten des Unterkiefers beim Schlucken in die Retrallage (37). Allerdings konnten andere Autoren wie GLICKMANN (17) und auch MARXKORS diese Untersuchungen nicht bestätigen. Von E. KÖRBER (34) wird in seinem Buch berichtet, daß 80 - 85 % der Patienten an der Tübinger Zahnklinik einen Unterschied zwischen der Retrallage des Unterkiefers und der habituellen Interkuspidation aufweisen. Diese Feststellung läßt die Frage aufkommen, ob von der Natur wirklich nur 15 - 20 % der Population mit einer physiologischen Unterkieferlage bedacht wurde. Erfolgt das Gleiten von der retralen Kontaktposition in die habituelle Interkuspidation auf mehreren Höckern beidseitig und gleichmäßig abgestützt, empfiehlt der Autor keine Veränderung des Kauflächenprofils vorzunehmen. Noch höhere Prozentzahlen (bis zu 90 %) werden von anderen Autoren wie POSSELT (53), JANKELSON (31), SAUER (54), HUPFAUF (29) und TRAGE (62) angegeben. Die skandinavische Lehrmeinung lehnt ein Einstellen des Unterkiefers in der Retrallage ganz ab. Sie bauen bei einer oralen Rehabilitation die habituelle Interkuspidation im Sinne einer "long centric" auf.

Um nun die vorher getroffenen Aussagen von SCHUYLER in die Praxis umzusetzen, bedurfte es der Konstruktion von Präzisionsgeräten. Sie müssen die Gebißverhältnisse in Bezug auf die Schädelorientierung und auf reproduzierbare Unterkieferlagen aufnehmen und wiedergeben können. Mc COLLUM machte sich zusammen mit R. HARLAN um die Verwirklichung dieses Konzeptes verdient, indem sie praktisch durchführbare Methoden entwickelten, welche alle daraufhin abzielten, die terminale Scharnierachse durch die Kondylen zu finden. Weiterhin sollten die mittels entsprechendem Gesichtsbogen am Patienten gefundenen Werte in den Artikulator übertragbar sein. Mc COLLUM entwickelte später zusammen mit C. STUART den volladjustierbaren Gnathographen. Bei dieser Gelegenheit gründete Mc COLLUM 1926 die "Gnathological Society of California", der unter anderem H. STALLARD und C. STUART angehörten. Von dieser Gruppe wurde das noch heute von

Gnathologen verwendete Konzept entwickelt. Es beinhaltet, daß die Bedeutung der Okklusion in retraler Kontaktposition sowohl für den Totalprothesenträger, als auch für den Teilbezahnten und Vollbezahnten von größter Wichtigkeit ist. Eine Therapie darf nur auf Grund einer genauen Funktionsanalyse mit Befunderhebung, Diagnose und Planung erfolgen. Bezugspunkte sind dabei die Hautpunkte der Scharnierachse und ein Infraorbitalpunkt. Die Verbindung dieser Punkte ergibt die Bezugsebene (Frankfurter Horizontale).

Parallel zu der bisher geschilderten Entwicklung der Kieferrelationsbestimmung mittels intraoralem Wachsregistrat wurde die intraorale Stützstiftregistrierung entwickelt. Diese Methoden haben ihre Hauptvertreter in Mc GRANE (44) und in GERBER (15). GERBER hat auch in der Konstruktion geeigneter Artikulatoren und eines Gesichtsbogens diese Registriertechnik rationell und praxisnah entwickelt und vervollständigt. Das Prinzip besteht in einer Dreipunktabstützung des Unterkiefers. Zwei Punkte bilden die Kondylen in ihren Fossae, der dritte ist ein intraoral am Oberkiefer befestigter Stützstift, der bei einem Registriervorgang auch als Schreibstift Verwendung findet. Führt der Unterkiefer Grenzbewegungen aus, zeichnet der Stützstift auf einer am Unterkiefer befestigten Schreibplatte einen Pfeilwinkel auf, den sogenannten Gotischen Bogen. Die Spitze dieses Pfeiles ist identisch mit der Retrallage des Unterkiefers und kann mit der terminalen Scharnierachsenposition verglichen werden. Eine weitere diagnostische und therapeutische Möglichkeit dieser Methode findet sich in der Kombination mit einem entsprechenden Gesichtsbogen von Gerber. Damit läßt sich die sagittale Gelenkbahnneigung extraoral aufzeichnen. Nach der Registrierung werden Oberkiefer und Unterkiefer zueinander fixiert, das heißt verschlüsselt. Zu diesem Punkt vertreten verschiedene Autoren voneinander abweichende Meinungen. GERBER sagt, Oberkiefer und Unterkiefer sind dann richtig zueinander eingestellt, wenn der Schreibstift auf der Pfeilspitze des gotischen Bogens steht

und dort auch verschlüsselt wird. Dies deckt sich auch mit der Forderung von GYSI nach Zentralokklusion (retrale Kontaktposition) bei Rehabilitationen. In neuerer Zeit wird der Einfluß der Muskulatur und die Muskelgleichgewichtslage, die sich im Laufe der Jahre eingestellt hat, immer mehr beachtet.

So läßt sich JAHN (30) nach der Aufzeichnung des Pfeilwinkels zusätzliche Adduktionsbewegungen vom Patienten ausführen. Der Schreibstift markiert auf der Schreibplatte ein Streufeld von Punkten, wobei dieses bei 80 % der Patienten ca. 1 - 1,5 mm distal der Pfeilspitze liegt. Der Mittelpunkt wird von ihm als habituelle Okklusion und als Stellung für die Schlußokklusion angesehen. Um sowohl der Gelenkbahnführung als auch der Muskelgleichgewichtslage gerecht zu werden, hat GERBER später vorgeschlagen, für die Schlußbißokklusion den Punkt zu wählen, der in der Mitte zwischen Pfeilspitze und Adduktionsfeld liegt. Er bezeichnet diese Lage des Unterkiefers als Mastikationszentrik (16).

Dieser bisherige Überblick gab eine Einsicht in die Entwicklungsstadien der Kieferrelationsbestimmungen. Es haben sich im Laufe der Jahrzehnte verschiedene Methoden und Meinungen herauskristallisiert. Eine dieser Lehrmeinungen (gnathologische) möchte, wie beschrieben, die Einstellung des Unterkiefers in der retralen Kontaktposition (Scharnierachsenposition) erreichen. Da diese Lage bei über 80 % der Patienten mit der habituellen Interkuspidation nicht übereinstimmt, würde dieser Eingriff eine Veränderung im stomatognathen System bedeuten. Dieses System beinhaltet den knöchernen Ober- und Unterkiefer, die Zähne mit Zahnhalteapparat und Gingiva, die Kiefergelenke, die Muskulatur und die Bänder des Kopfes, des Halses und des Nackens.

Die Arbeitsweise erfolgt in "starren" und präzisionsorientierten Geräten, in welchen versucht wird, Funktionsabläufe zu simulieren. Beim Überdenken dieser Situation wird zwangs-

läufig ein Fragen offenkundig. Es gibt aus diesem Grunde auch sehr kritische Stimmen, die gegen die strenge apparative Gnathologie ein Veto einlegen. MOSS (45) schreibt in der angeführten Abhandlung: Zitat: "Es gibt keinen wissenschaftlich befriedigenden Beweis, daß die zentrische Beziehung eine üblicherweise von einem Gesunden eingenommene Position oder daß sie, was noch wichtiger ist, überhaupt eine normale Funktionsposition ist."

An einer anderen Stelle schreibt MOSS: Zitat: "Wird aber angenommen, daß die Beziehung statisch konstant reproduzierbar und unveränderlich ist, so ist diese Annahme auch für den Erwachsenen falsch. Wird ferner noch von einer isolierten Rotation um eine Scharnierachse ausgegangen, dann wird der Irrtum nur noch größer." Andere Autoren wie LEVY (38), OSBORNE (50) oder BLACKWOOD (6) lehnen die terminale Scharnierposition ab.

Diese zum Teil sehr kritischen Stimmen bewirken, daß die Einflüsse auf das stomatognathe System bei einer auf die Scharnierachse bezogenen Behandlungsweise weiter untersucht werden müssen. Eine Veränderung an einem Punkt in einem geschlossenen System bewirkt zwangsläufig eine Verschiebung am Gesamtkomplex mit Folgen im Sinne einer Kompensation oder Schmerzsensation. Es liegt deshalb nahe, daß die Muskulatur auf eine Änderung am Funktionsablauf reagiert. GERBER (16) wies schon 1964 darauf hin, daß jede Okklusions- oder Artikulationsstörung zu einer Änderung der muskulären Koordination führt. SCHULTE (55, 56, 57) hat nachgewiesen, daß eine typische Okklusionsstörung zu einer typischen Umprogrammierung der Kaumuskulatur führt. In diesem Zusammenhang hat auch KRAFT (36) mit Hilfe von elektromyographischen Untersuchungen der Muskulatur zeigen können, daß bei einer Störung der vertikalen Dimension eine spontane Hyperaktivität der Muskulatur auftritt.

2.2. Entwicklung der Elektromyographie

Definitionsgemäß ist ein Elektromyogramm die Aufzeichnung (Papier oder Oszillograph) der elektrischen Aktivität eines Muskels unter Einschluß der Endstrecke des in versorgenden Nerven.

CARLO MATTEUCCI hat 1838 mit Oberschenkelmuskeln vom Frosch und dem nervus ischiaticus Kontraktionsversuche durchgeführt. Er konnte mit diesen neurophysiologischen Arbeiten Du-Bois-Reymond interessieren. Dieser stellte fest: "these currents are produced by muscles." Du-Bois-Reymond führte die Arbeiten von MATTEUCCI weiter und registrierte 1851 die ersten "action currents" (Aktionspotentiale) an einem menschlichen Oberarmmuskel, die er auch sichtbar darstellte (39).

Die erste ausgedehnte elektromyographische Studie wurde von PIPER 1912 publiziert. Er hat zuerst Oberflächenelektroden aus Silber verwendet, welche auch heute noch in ähnlicher Form in Gebrauch sind.

Lord ADRIAN und DETLOV BRONK haben 1929 zum ersten Male die konzentrische intramuskuläre Nadelelektrode verwendet (1).

Die heutige klinische Elektromyographie gibt qualitativen und quantitativen Aufschluß über den augenblicklichen Zustand der Muskulatur. Sie erlaubt weiterhin Aussagen über die Aktivität sowohl der motorischen Neurone bei Reflexen, als auch der Willkürkontraktionen. Abweichungen vom normalen Elektromyogramm können zur Differentialdiagnose von Störungen im motorischen muskulären System beitragen. Diese Untersuchungsmethode gewinnt Bedeutung für das Erkennen von Funktionsstörungen sowie bei neurologischen Erkrankungen (36).

2.3. Grundlagen und Bedeutung der Elektromyographie

Zum besseren Verständnis dieses komplexen Gebietes soll an dieser Stelle noch kurz auf die notwendigen physiologischen Grundlagen der Elektromyographie eingegangen werden.

STRUPPLER und RUPRECHT (61) berichten, daß bei einer Muskelaktivität von den motorischen Vorderhornzellen im Rückenmark rhythmische Impulse starten. Alle von einer Vorderhornzelle und ihrem Neuriten innervierten Muskelfasern werden annähernd synchron erregt. Dabei ist das Faserinnere der Muskel - und Nervenfasern reich an Kaliumionen. Natrium - und Chloridionen befinden sich im extrazellulären Raum. Dadurch kommt zwischen dem Inneren einer Faser und der Außenlösung eine Potentialdifferenz von 60 - 90 mV zustande, wobei die Innenseite der Faser negativ ist. Dieser augenblicklich stationäre Zustand wird als Ruhe - bzw. als Membranpotential bezeichnet. Dieses Ruhepotential hängt in der Hauptsache vom Verhältnis der K^+-Konzentration außerhalb der Nervenfaser ab. Die Fasermembran zeigt in Ruhe, also dem stationären Zustand, eine gute Permeabilität für K^+-Ionen. Für Na^+-Ionen ist die Membran weitgehend undurchlässig. Depolarisierende Ströme bewirken eine Änderung des Membranpotentials. Fließt ein auswärts gerichteter Strom durch die Membran, kommt es an dieser Stelle zu einer lokalen Depolarisation der Membran mit einer stark erhöhten Na^+-Permeabilität. Ist diese Depolarisation genügend groß, wie zum Beispiel bei einem Erregungsdurchgang, wird das Ruhepotential vorübergehend auf 40 mV umgekehrt, wobei jetzt die Außenseite negativ geladen ist. Aus diesem Vorgang resultiert ein Aktionspotential (AP)(5). Dieses leitet sich je nach Myelinisierungsgrad und Faserdichte von 1 - 100 m/sec. fort. Obwohl Muskelfasern beträchtlich dicker sind, leiten sie mit 2 - 5 m/sec. erstaunlich langsam (60). Ein Aktionspotential dauert ungefähr 1 - 3 m/sec. Die Spitze liegt nahe dem Na^+-Gleichgewichtspotential. Im Anschluß an das Aktionspotential ist die Faser nicht oder nur sehr schwer erregbar. Man spricht

hier von einer absoluten oder relativen Refraktärperiode.

Der Übergang von Nervenfaser zu Muskelfaser (Synapse) ist kein elektrischer, sondern durch chemische Vorgänge gesteuert. Die Spaltbreite zwischen Nervenende und Muskel beträgt 100 - 200 Å. In der präsynaptischen Endigung befinden sich Vesikel mit einem Durchmesser von 500 Å, die Azetylcholin (ACh) enthalten. Gelangt ein Aktionspotential an diese präsynaptische Endigung, werden ca. 100 Azetylcholinquanten in den Spalt ausgeschüttet. Sie bewirken eine Depolarisation der postsynaptischen Membran. Beim Überschreiten der Reizschwelle wird ein Aktionspotential ausgelöst das über den gesamten Muskelbereich fortgeleitet wird. Die Einzelzuckung der erregten Muskelfaser dauert ungefähr 100 m/sec. (41). Die maximale Kontraktionshöhe wird dabei erst lange nach Beendigung des Aktionspotentiales erreicht. Das von der Nervenfaser ankommende Aktionspotential hat keinerlei Einfluß auf die Dauer und Amplitude der Einzelzuckung. Dies löst der Skelettmuskel durch den Summationsmechanismus der Einzelfasern. Die Stärke einer Muskelkontraktion ist daher teilweise durch die Frequenz der Entladung einer einzelnen motorischen Einheit bestimmt und auch durch die Zahl der innervierten motorischen Einheiten.

Bei vielen elektromyographischen Untersuchungen werden die Aktionspotentiale der Muskeln und der Nerven extrazellulär abgeleitet. Dies ist möglich, weil die elektrische Aktivität der beteiligten Fasern durch das umgebende Gewebe geleitet wird (passive Leitung). Diese extrazelluläre Ableitung macht es allerdings unmöglich ein Ruhepotential zu messen, also eine Potentialdifferenz. Relaxiert der am Myographen angeschlossene Patient die zu messende Muskulatur nicht vollständig, treten sogenannte Pseudospontanaktivitäten auf. Aktionspotentiale ,welche mit intrazellulären Elektroden abgeleitet werden ,sind monophasisch, extrazellulär gemessene Aktionspotentiale triphasisch.

Bei dem letztgenannten triphasisch abgeleiteten Aktionspotential ist die differente Elektrode nahe der aktiven Faser, die indifferente in entsprechender Distanz angebracht. Während der Ruhigstellung der Muskulatur besteht keine Potentialdifferenz zwischen beiden Elektroden. Beim Durchgang eines Aktionspotentiales kommt es auf Grund der Strömchentheorie zu einem Stromfluß von einem nicht erregten Bereich zu einem erregten Bezirk. Der unmittelbar sich vor dem Aktionspotential erstreckende Bezirk wird gegenüber seiner Umgebung positiv. So kommt es kurz vor dem Eintreffen des Aktionspotentiales bei der differenten Elektrode zu einem Ausschlag des Aufzeichnungsgerätes oder Oszillographen nach unten (Positiv). Ist das Aktionspotential an der differenten Elektrode angelangt, erfolgt eine rasche Umpolarisierung von positiv nach negativ. Während der Repolarisierungsphase steigt die positive Phase wieder an. Der Anteil des Potentials der motorischen Einheit mit der größten Amplitude, das sogenannte Spitzenpotential (Spikepotential), stammt aus einer kleinen Fasergruppe (ca. 20 - 30 Fasern) nahe der Elektrode. Man nennt solche Einheiten ein "subunit". Die Aktionspotentiale erlauben keinen direkten Schluß auf die Muskelkraft. Sie sind jedoch indirekt mit ihr korreliert.

Während leichter Kontraktionen eines normalen Muskels können die Aktionspotentiale der einzelnen motorischen Einheiten unterschieden werden. Bei steigender Aktivität registriert die Elektrode gleichzeitig Aktionspotentiale von vielen Muskelfasern verschiedener motorischer Einheiten. Ein Aufzeichnungsgerät oder Oszillograph schreibt ein sogenanntes "Interferenzmuster". (s.Seite 14)

Beim pathologischen Fall können in Folge von Denervierungsvorgängen einige motorische Einheiten mit ihren Untereinheiten ausfallen, es ergeben sich "gelichtete Muster", welche aber noch zum Interferenzbild gerechnet werden.

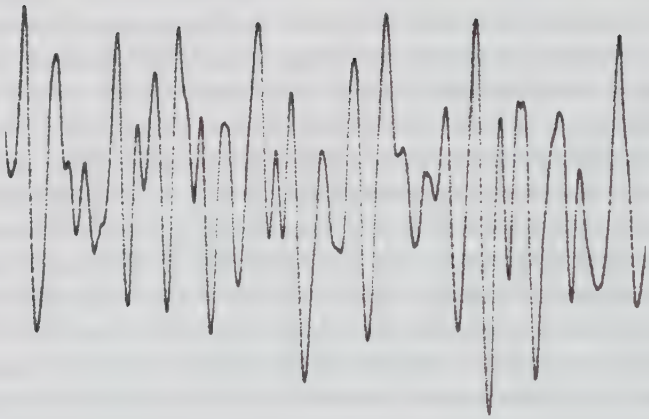


Abb. 2: Aufschrieb eines Interferenzmusters vom Musculus masseter während stärkster Belastung

In dem gemischten Muster des Interferenzbildes lassen sich nur die der Elektrode am nächsten liegenden Potentiale motorischer Einheiten noch unterscheiden.

Nach BUCHTHAL (9) wird die Spannung des Muskelaktionspotentials als Differenz zwischen dem höchsten positiven und dem tiefsten negativen Ausschlag gemessen. Hier gibt es aber teilweise beträchtliche Variationen, die den Wert der Spannungsmessungen für diagnostische Zwecke stark beeinträchtigen können. Anders verhält es sich, wenn der Muskel durch maximalen elektrischen Reiz der Nerven erregt wird, also eine maximale Kontraktion gewollt ist. Hier gestattet die Messung der Potentialamplitude an der Oberfläche des Muskels eine ziemlich gute Beurteilung der Anzahl der Muskelfasern, die auf den Nervenimpuls reagieren.

Klinische Untersuchungen, die sich mit elektromyographischen Analysen und dem Zusammenspiel der Kaumuskulatur befaßten stammen hauptsächlich von MAYERS (USA 1950) (42). Er hat mit diesen Untersuchungen immer das Resultat der Aktionen mehrerer Muskeln dargestellt. Umfangreiche Arbeiten über die nervöse Koordination der Kaumuskulatur hat 1952 CARLSÖÖ (11) dargestellt. In dieser Untersuchung wurde besonders herausgestellt, daß der M. temporalis und M. masseter ganz differente Aufgaben und Wirkungsweisen bei der Unterkieferbewegung aufweisen. H. und C. GÖPFERT (19) stellten bei ihren elektromyographisch funktionellen Untersuchungen zwischen M. masseter und M. temporalis fest, daß beim Kieferschluß die Bewegungsinnervation des M. temporalis vor der des M. masseter beginnt. Die Durchschnittshöhe der Maximalpotentiale liegt beim M. temporalis meist höher als beim M. masseter. Der M. masseter tritt auf derjenigen Seite stärker in Aktion nach der die Bewegung gerichtet ist, während der M. temporalis auf der Gegenseite in seiner Aktivität überwiegt. Bei mäßigem Mundöffnen ist zu sehen, daß M. temporalis und M. masseter antagonistisch wirken. Dafür spricht auch eine Untersuchung von MUNRO (46), der das besondere Merkmal der Schließmuskulatur beschreibt. Die Beendigung ihrer myographischen Aktivität erfolgt ca. 10 - 20 m/sec. nach dem ersten Zahnkontakt. Die Dauer dieser inaktiven Phase ist allerdings ziemlich kurz.

In diesem Zusammenhang sind auch Untersuchungen anzuführen, die sich mit der Pathophysiologie der Kaumuskulatur befassen. Hier möchte ich eine Arbeit von C. GÖPFERT (18) zitieren, welche die Einwirkung von Zahnschmerzen und von Schmerzen der Gesichtshaut auf den Tonus der Kaumuskulatur untersucht hat. Sie stellte fest, daß Schmerzen auf die Muskulatur besonders verstärkte Potentiale verursachen. Bei Gingivitis und Parodontitis mit kleinen Taschenabszessen beobachtet sie eine zeitweilige Steigerung der Aktionsströme im M. masseter, welche sie als tonische Überregbarkeit wertet. Von Hautschmerzen kommen reflektorische Veränderungen im

Muskeltonus, besonders im M. masseter zustande. GROSSMANN und GREENFIELD (21) untersuchten dieselbe Muskulatur bei Irritationen der Kiefergelenke. Ihre Ergebnisse sind ähnlicher Art. Zunehmende Tonisierung der in der näheren Umgebung liegenden Muskelgruppen mit deutlichen Amplitudensteigerungen der Aktionspotentiale.

Der Unterkieferknochen ist als doppelter Winkelhebel frei zwischen der Muskulatur aufgehängt.Jede aktive oder passive Änderung in einem Teil dieses komplizierten, vielgliedrigen Halte- und Bewegungssystems bedingt zwangsläufig Rückwirkungen auf das restliche stomatognathe System. GARNIK und RAMFJORD (14) untersuchten Reaktionen bei Einwirkungen von exogenen Noxen auf das Zusammenspiel von Gelenk, Nerv und Muskel. Im zeitlichen Ablauf einer Veränderung kommt es zwangsläufig zu einer Störung des Gleichgewichtes, was sich in einer Haltungsänderung manifestiert. In den meisten klinisch beobachteten Fällen spielt sich ohne nennenswerte Sensationen ein neues Gleichgewicht ein. Diese Feststellung ist von großer Bedeutung. Es kann demnach die Ruheschwebelage des Unterkiefers keine lebenslang gleichgroße sein, und eine minimale sagittale Verschiebung des Unterkiefers im Sinne eines neuen Gleichgewichtes könnte kompensiert werden. Allerdings machen die Autoren die Einschränkung, daß bei abrupter Manipulation einer definitiv eingestellten Unterkieferhaltung durchaus Beschwerden im Rahmen einer myogenen Arthropathie auftreten können. Diese Beschwerden empfindet der Patient objektiv und genau lokalisierbar in der Kaumuskulatur und häufig auch in den Kiefergelenken. MUNRO beschreibt drei Gruppen von Kiefergelenksbeschwerden:

1. die eindeutigen Kiefergelenksbeschwerden
2. die Patienten mit atypischen Gesichtsschmerzen
3. Patienten mit möglichen Kiefergelenksdysfunktionen

Alle Gruppen zeigen nach seinen Untersuchungen Abweichungen von einem Normelektromyogramm eines symptomlosen Patienten. Die Abweichungen treten in Form von Amplitudensprüngen und Abweichungen in der Dauer der Muskelkontraktionen auf. JARABAK (32) und PERRY (51) zeigten, daß beide Arten von Beschwerden mittels Einschleifen (nach Funktionsanalyse) oder durch Aufbißbehelfe die reflektorische Muskelerregung positiv beeinflussen. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen kam auch OGLE (49).

In den Kreis der Noxen, die auf das Gelenk - Muskel-System Einfluß haben, gehört auch der Bruxismus. LIPPOLD (40) und FUCHS (13) haben bei elektromyographischen Auswertungen einen direkten Zusammenhang zwischen dem Integral der Aktionspotentiale und der mechanischen Leistung festgestellt, sofern es sich um eine isometrische Kontraktion bei gleichbleibender Ausgangslänge handelt. Einen Vergleich zwischen myographischen und klinischem Befund zeigt eine starke Korrelation von Abrasion und nächtlicher Kaumuskeltätigkeit. Diese Feststellung, daß zwischen einer isometrischen Kontraktion bei gleichbleibender Ausgangslänge und dem Aktionspotential als Ausdruck der mechanischen Leistung eine direkte Relation besteht ist für die vorliegende Arbeit von nicht unerheblicher Bedeutung. Dabei ist der Amplitudenausschlag des Schreibgerätes kein messbarer und vergleichbarer Ausdruck der vom Muskel verwendeten Kraft, sondern steht als eine vergleichende Relation zu Ausschlägen nach Veränderungen im Kausystem. Auffällig ist -das soll als eine gewisse Zusammenfassung des bisher gesagten stehen- bei der Durchsicht der Literatur, daß jede Veränderung im stomatognathen System eine Wirkung auf die Muskulatur zur Folge hat. Bewiesen wurde dies durch elektromyographische Untersuchungen.

So ist auch eine Veränderung der Unterkieferlage in sagittaler, vertikaler und horizontaler Lage ein verändernder Eingriff in dieses System. Folgereaktionen die daraus resultieren werden sicher an verschiedenen Untereinheiten wie zum Beispiel an den Zähnen und im Kiefergelenk auftreten.

Herausgegriffen wird in der nachfolgenden Untersuchungsreihe die zur Kaumuskulatur gehörenden Mm. masseter und Mm. temporales. Als Untersuchungsauswertung dient die Elektromyographie.
In der vorliegenden Studie soll daher der Einfluß einer retralen Verschiebung des Unterkiefers auf die Potentialmuster untersucht werden.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Vorbemerkung

Allgemein ausgedrückt wird mit Hilfe von elektromyographischen Ableitungen eine qualitative Aussage über den augenblicklichen Zustand eines Muskels getroffen.
Die für diese Arbeit relevanten Muskeln sind die Mm. masseter und temporales. Durch Verlagerung des Unterkiefers in eine distalere Position wird auch eine Veränderung in der Muskelkoordination sowohl nerval als auch mechanisch eintreten. An zehn Probanden im Alter von 18 bis 32 Jahren mit eindeutiger habitueller Bißlage wurden spezielle Schienen eingegliedert, die den Unterkiefer im Schlußbiß mindestens einen (oder auch mehr) Millimeter nach dorsal verlagern. Die elektromyographische Untersuchung der oben genannten Muskeln erfolgt vor dem Einsetzen der Schiene. Weitere Messungen erfolgten nach acht Tagen, nach vierzehn Tagen und nach Herausnahme der Schiene. Die Amplituden der einzelnen Aktionspotentiale der zeitlich verschiedenen Messungen wurden ausgewertet und gegeneinander verglichen. Es sollte damit festgestellt werden, ob die Retralverlagerung des Unterkiefers mittels Aufbißschienen einen Einfluß auf die Potentialmuster der Eletromyogramme, die vor dem Eingliedern einer Schiene gemessen wurden, hat.

3.1. Erfassung der Patienten, Befundaufnahme und Vorbehandlung

Um bei den zehn Probanden ein zuverlässiges Patientengut zu erhalten, wurden Bekannte, Studenten und Angestellte der Klinik ausgewählt. Voraussetzung war, daß das Gebiß bis zu den zweiten Molaren eine Vollständigkeit aufwies, weiterhin durften keinerlei signifikante pathologische Veränderungen im Kausystem ersichtlich sein. Was die Bißlage anbetraf, mußte der Unterschied zwischen habitueller Interkuspidation

und retraler Kontaktposition größer oder gleich ein Millimeter sein.

Diese Voraussetzungen mußten objektiviert werden. Dazu wurde von jedem Probanden ein Orthopantomogramm hergestellt, bei Unklarheiten eventuell noch Mundfilme nach der Rechtwinkeltechnik. Der Verlauf des Knochens des Limbus alveolaris gibt schon gewisse Aufschlüsse über eventuelle Okklusionsstörungen.

Auf die röntgenologische Untersuchung folgt eine Funktionsanalyse. Für die zuerst durchgeführte klinische Funktionsanalyse waren Befundunterlagen notwendig, in denen der genaue anatomische und topographische Befund des Kauapparates erfaßt werden konnte. Diese wurden aus dem parodontoprothetischen Behandlungsplan, wie er auch den Studenten der prothetischen Abteilung der Universität Tübingen zur Verfügung steht, und dem Untersuchungsbogen für die funktionelle Gebißanalyse von Krogh-Poulsen zusammengestellt. Muster dieser Befundunterlagen sind anschließend abgebildet. Die Palpation der Kaumuskulatur erfolgte nach den Ausführungen von HUPFAUF (28).

3.1.1. Vorversuche mit der Miniplastschiene

Bevor mit den endgültigen Durchgängen am Probanden begonnen wurde, machte ich noch Versuche mit verschiedenen Schienenarten.

Die erste Schiene war aus Palliag angefertigt. Da dieser Werkstoff doch relativ weich ist, mußte die Unterzungenkonstruktion recht voluminös gestaltet werden. Dies behinderte den Probanden am Sprechen, und weiterhin war der Sitz nie richtig zufriedenstellend.

linik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Tübingen

Anatomische und funktionelle Gebißanalyse
Parodonto-prothetische Behandlungsplanung

Reg.

Pat.-Karte ....

Modell Nr. .....

Behandl.-beginn .....

Foto .....

J.-Zahl
G Tag Mon Jahr Na

Geburtsnamen

ame:
ornname:
eburtsname:
ruf:
nschrift:
sse:

ame des behandelnden Zahnarztes .....

VORGESCHICHTE

allgemein

Stoffwechselkrankheiten, Diabetes, Leberschaden, Nierenschaden,
endokrine Erkrankungen, Schilddrüsenerkrankungen (Glotzaugen, Struma, Herzklopfen,
Fingerzittern)? nein – ja in Behandlung seit: .....
allergische Erkrankungen? nein – ja (Asthma, Heuschnupfen)
vasomotorische Störungen? nein – ja (kalte Hände und Füße, Migräne)
Störungen der Magensekretion? nein – ja (anacid, sub- oder hyperacid)
Störungen der Verdauung oder Erkrankungen der Verdauungsorgane? nein – ja (Verstopfung)
Herz-, Kreislauferkrankungen,
Blutkrankheiten (Anämie, Leukämie, Perniciosa)

Andere Erkrankungen? .....

Ggf. Internbefund: .....

speziell

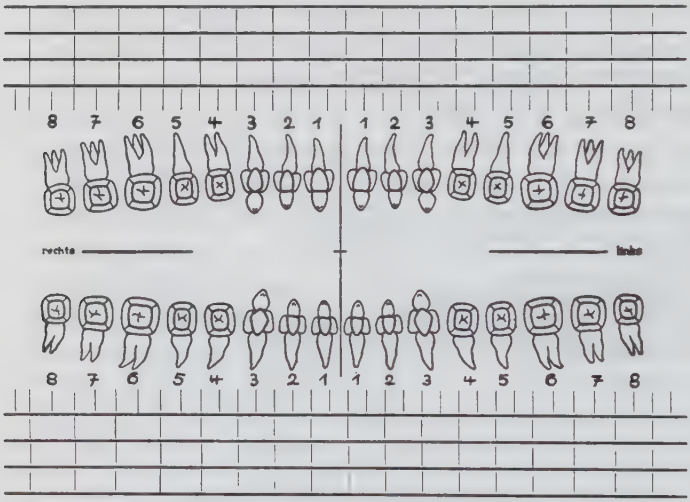
1. Ist früher eine PA-Behandlung erfolgt? nein – ja, wann? .....
   Welche Maßnahmen: Zahnfleischpinselungen, Zahnsteinentfernungen, Gingivektomie, Einschleifen
2. Durch welche Erscheinungen fühlt sich der Kranke belästigt?.....
   ..... seit wann? .....
3. Besteht Zahnfleischentzündung und -bluten? nein – ja
   a) an welchen Stellen? .....
   b) seit wann? .....
   c) werden Schwankungen beobachtet? .....
4. Beobachtet der Kranke Lockerung einzelner Zähne? nein – ja, welche? ..... seit wann? .....
5. Beobachtet der Patient Zahnfleischschwund?
   nein – ja, wo? ..... seit wann? .....
6. Beobachtet der Kranke Zahnwanderungen? nein – ja
   (Lückenbildung, Verschiebung, Drehung, Verlängerung) wo? ..... seit wann? .....
7. Ist Zahnverlust durch Zahnlockerung eingetreten? nein – ja, wo? ..... wann? .....
8. Ist Zahnverlust durch Zahnlockerung in der Familie bekannt?.....
9. Ist eine kieferorthopädische Behandlung durchgeführt worden? nein – ja
   (Plattenapparat, festsitzender Apparat) wann? .....

10. Hat der Kranke früher eine langzeitige Zahnfleischentzündung durchgemacht? nein – ja wann? .....
    wiederholt mit Fieber? nein – ja
    bestand Mundgeruch? nein – ja
11. Bestanden andere Mundschleimhautentzündungen? nein – ja (rezidivierende Aphthen?)
12. Sind parodontale Abszesse aufgetreten? nein – ja
13. Hat der Kranke ein Gesichtstrauma erlitten? nein – ja wann? .....
14. Ist der Kranke beruflichen Schädigungen im Bereich der Mundhöhle ausgesetzt? nein – ja
    welchen? .....
    .....
    (Schwermetallvergiftungen, Säureschäden, Bäckerkaries)

II. BEFUND

a) **Anatomischer Befund** aufgenommen am: .....
nach abgeschlossener Vorbehandlung
vor Beginn der systematischen PA-Behandlung

1. Zahnschema



vital-mortal-0 keine Pr.
Lockerungsgrade I–III
freil. Zahnhälse mm
Zahnfleischtaschen

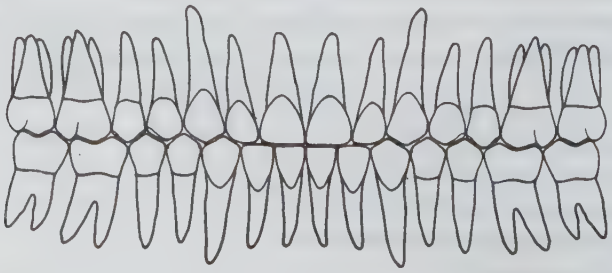
Knochengrenze
Zahnfleischrand-
verlauf (rot)

Zahnfleischtaschen
freil. Zahnhälse mm
Lockerungsgrade I–III
vital-mortal-0 keine Pr.

Zeichenerklärung:

rot	= Karies	blau	= Füllung, Wurzelfüllung	blau	Brücke
" —	= marktot	" +	= vitale Pulpa	i. D.	Zahn im Durchbruch
" X	= Wurzelrest, tiefzerstörter Z.	"	= fehlender Zahn		
"	= apikale Erkr.	"	= überkronter Zahn		
		"	= Stiftzahn		

2. Verlauf des Zahnfleischrandes (rot) und der Knochengrenze (blau) gezeichnet nach dem Rö.-Bild



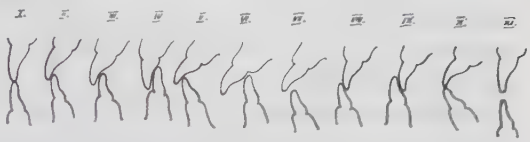
3. Okklusionsverhältnisse

a) Liegt eine Stellungsanomalie der Zähne und Kiefer vor? (z. B. V-förmiger Kiefer, Vestibulär- oder Lingualstellung einzelner Zähne usw.)

b) Neutralbiß – Mesialbiß – Distalbiß

c) Schlußbiß: Kopfbiß, Überbiß ..... mm, mittlerer Überbiß, ... mm,
tiefer Überbiß ..... mm mit – ohne Berührung des Zahnfleisches, offener Biß um ..... mm

Welche Stellung haben obere und untere Frontzähne in Schlußbißstellung zueinander? (Durch X kenntlich machen.)
Vertikalabstand



4. Wo bestehen Diastemen infolge Zahnwanderung oder Kippung? (Zwischenräume ankreuzen und in Millimetern angeben)

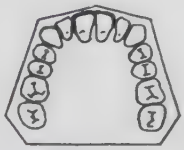
R	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	L
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	

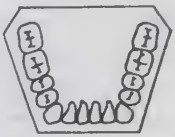
5. Bisherige Prothetische Versorgung des Gebisses.

parodontal .....; parodontal gingival .....; gingival . . .

Tragezeit: ..... Trageweise: Tag und Nacht, Tag, nur zum Essen

Bermerkungen: Besonderheiten, Mängel, Pflege .....





6. Kiefergelenk	re	li	wie lange?
Schmerzen			
Knacken			
Reibegeräusche			
Subluxation			

Funktioneller Befund

1. Welche Zähne werden belastet?

im Vorbiß

R	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	L
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	

in Seitbiß-Bewegung

rechts

R	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	L
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	

links

R	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	L
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	

2. Vorzeitige Kontakte bei der Okklusion? nein – ja, wo? .....

3. Mundöffnung behindert? nein – ja
Abweichung nach rechts – links?
Zwischenraum Ruheschwebe: Schlußbiß ..... mm

4. Bevorzugte Kauseite?
rechts – links – beidseitig?

5. Morphologische Asymmetrien im Kauorgan? nein – ja, wo? .....

a) Beläge und Zahnstein: .....

b) Zahnfleischschwund: .....

c) Wanderung, Diastema: .....
Elongation

d) Starke Abrasionen: .....

e) Zahnhalskaries: .....

f) Masseter Hypertrophie: .....

6. Bißveränderungen?

a) Vollbezahntes Gebiß: .....

Bißsenkung durch Abrasion? .....

Primärer Tiefbiß? .....

b) Lückengebiß: .....

Anzahl der Stützzonen? .....

Bißsenkung? .....

Abknickung der Kauebene? .....

Lückenschluß durch Wanderung? .....

Situationsmodell ohne Prothese		
links	rechts	Front.

7. Parafunktionen

a) Knirschen und Pressen? nein – ja

Provozierbares Knirschgeräusch? nein – ja

Durch Knirschbewegungen sichtbar bewegliche Zähne? Wo? .....

Knirscher-Abrasionen? nein – ja, wo? .....

Schmerzen in der Kaumuskulatur beim Erwachen? nein – ja

Pelziges Gefühl im Zahnfleisch beim Erwachen? nein – ja

b) Lippen- und Zungendruck? nein – ja

Impressionen der Zähne in Lippe – Wange – Zunge? nein – ja

c) Angewohnheiten?

Lippenbeißen? – Lippensaugen? – Zungenbeißen? – abnorme Unterkieferhaltung?

d) Zahnloses Prothesenlager (Form der Kieferkämme, einstrahlende Bänder und Muskeln, Schleimhautbeschaffenheit, Schlottkamm, Mundboden)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

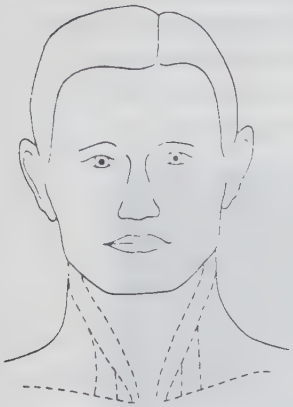
Patient: _____
Name, Vorname, Geb. Jahr

FUNKTIONSBEDINGTE SCHMERZEN UND STÖRUNGEN IM KAUORGAN

Befundaufnahme am: _____ Blatt Nr. _____

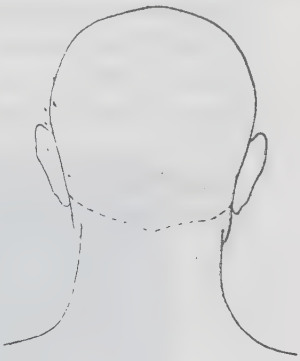
Untersucht durch: _____

Kontrolliert durch: _____



SIGNATUREN

blau = Angaben des Patienten
rot = Befund
/// = Schmerzgebiet
x = druckempfindliche Stelle
↗ = referred pain
PR = provoziertes Symptom
KN = Gelenkknacken
KR = Reibegeräusche



MOBILITÄT DES UNTERKIEFERS GEMESSEN BEIM INCISION INFERIUS:

– Ruheabstand

_____ mm

– Incisalkantenabstand maximal

aktiv _____ mm
passiv _____ mm

– Seitenbewegung maximal nach

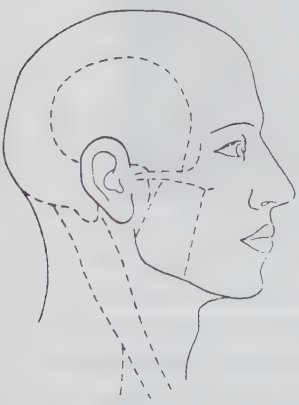
rechts _____ mm
links _____ mm

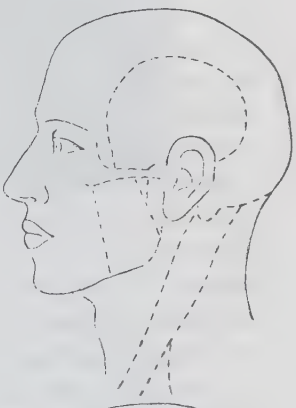
– Vorschubbewegung

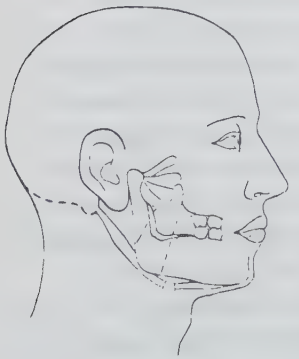
maximal _____ mm

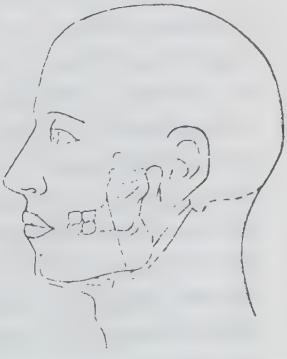
– Öffnungs- und Schliessbahn

(maximale Okklusion)









0 mm
40 mm
55 mm
70 mm

Auf dem Befundbogen werden die Symptome (blau) und die Befunde **(rot)** eingetragen. Die Interpretation erfolgt gemäss den Richtlinien in Punkt 16

Bei den nächsten Versuchen mit Tiefziehfolie wurden die okklusalen Anteile herausgeschnitten und durch harten Verblendkunststoff ersetzt. Infolge der minimalen Schichtdicke war schon nach kurzer Zeit ein Herausbrechen kleiner Kunststoffteile zu erkennen und damit eine Fixation des Unterkiefers in der Retrallage nicht mehr gesichert.

Die endgültige Schienenform, bzw. deren Herstellung soll in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben werden.

3.2.1. Modellherstellung und instrumentelle Funktionsanalyse der ersten Gruppe im Whip-Mix-Artikulator

Hat sich bei der Befunderhebung in Hinblick auf Parafunktionen, Gebißanomalien und Myoarthropathien keine Störung herausgestellt, wurden von jedem Probanden Abdrücke beider Kieferhälften genommen. Dazu fanden Rim-Lock-Abdrucklöffel und das Abformmaterial Zelgan^{R} Verwendung. Alle Abdrücke und Gipse wurden in dem von der Firma Degussa hergestellten Gerät "Multivac" unter Vakuum verarbeitet. Vor dem Einbringen des Abdrucklöffels über die Zahnreihen mußten die Kauflächen sorgfältig mit Alginat bestrichen werden, um die Bildung von Luftblasen auf den Kauflächen zu vermeiden. Nach Herausnahme des Abdrucklöffels wurden Alginatüberschüsse mit dem Skalpell entfernt. Direkt im Anschluß wurden die Zahnimpressionen im Alginat mit Vel-Mix-Stone-Pulver etwas bestreut um noch freie Alginatsäure zu binden. Nach dem Auswaschen des Gipspulvers werden alle Abdrücke mit Vel-Mix-Stone (white) von Kerr^{R} ausgegossen. Beide Modelle, Oberkiefer und Unterkiefer werden mit einem Split-cast versehen, wobei der Split-cast former der Firma Lactona angewendet wurde. Am Unterkiefer deshalb, weil man auf ihm später die Kunststoffschiene im Tiefziehverfahren herstellt. Der Split-cast besteht aus Primär- und Sekundärsockel. Die Herstellung erfolgt zweizeitig, wobei der Primärsockel mit Delar Surfactant^{R} isoliert wird.

Der Sekundärsockel wird mit Retensionsringen versehen, die später zur Montageplatte am Artikulatoroberteil zeigen und zur Retention dienen.

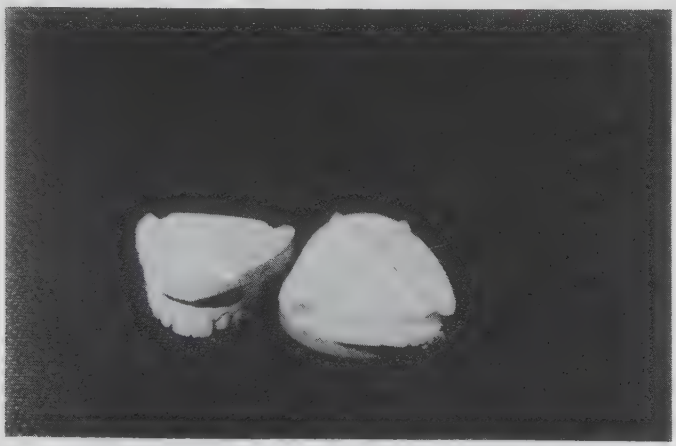


Abb. 3: Arbeitsmodell mit Split-cast

Mit dem Whip-Mix-Artikulator und dem Quickmount-Gesichtsbogen wurden die ersten fünf Probanden registriert. Die zu diesem Artikulatorsystem gehörende Bißgabel wird mit Kerr-Set-up-Wachs^{R} Nr. 5 beschickt und leicht an die Oberkieferzähne gedrückt, so daß nur die Höckerspitzen und nicht die Fissuren in das Wachs eingedrückt werden. Zwischen Unterkieferzahnreihe und Bißgabel werden zwei dicke Watterollen gelegt und der Patient aufgefordert vorsichtig zu schließen. Die Bißgabel muß "satt" an den Oberkieferzähnen anliegen, es darf keinerlei Spiel feststellbar sein.

Der Quickmountbogen erlaubt nur die Feststellung einer arbiträren Scharnierachse. Dabei werden die Enden des Bogens in die Gehörgänge eingesetzt und die Rändelschrauben

festgezogen. Der Proband sitzt dabei aufrecht im Stuhl. Der Distanzblock mit Glabellastütze wird in die richtige Position gebracht, wobei es für den Patienten angenehmer ist, wenn zwischen Nasenrücken und Glabellastütze eine Pur-Zellin-Lage gelegt wird. Das Verbindungsgestänge schiebt man nun über das aus dem Mund herausragende Stielende der Bißgabel. Nachdem der gute Sitz aller Imbusschrauben nochmals kontrolliert wurde, können die Glabellastütze abgenommen und die Rändelschrauben geöffnet werden. Bevor nun das Oberkiefermodell in den Artikulator eingebracht wird, ist die artikulatoreigene Scharnierachse mittels eines Eichsockels festzustellen.

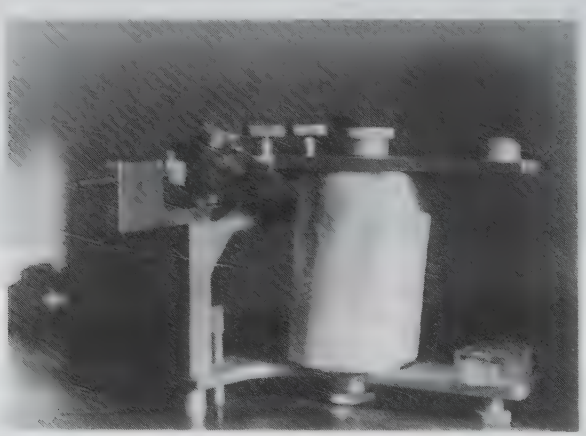


Abb. 4: Whip-Mix-Artikulator mit Eichsockel und Bunergraph

Dabei wird das Ober- und Unterteil des Whip-Mix-Artikulators an den eingeschraubten Montageplatten in einem zweizeitigen Verfahren zusammengegipst (mit Snow-White^{R}). Es ist dabei zu beachten, daß vom Zeitpunkt des Zusammengipsens der Montageplatten bis zur Aushärtung des Gipses die Artikulatorkondylen unverrückbar am distalen Ende der Gelenkplatte

anliegen. Anschließend werden die Kondylen vom Artikulatorgehäuse abgeschraubt und an ihrer Stelle ein Bunergraph (oder Kinograph) angeschraubt. An die Außenflächen der Kondylargehäuse des Artikulators wird ein Stück Millimeterpapier geklebt. Durch Eindrücken der Seitenarme des Bunergraphen auf das Millimeterpapier werden die artikulatoreigenen Scharnierachsenpunkte festgelegt.

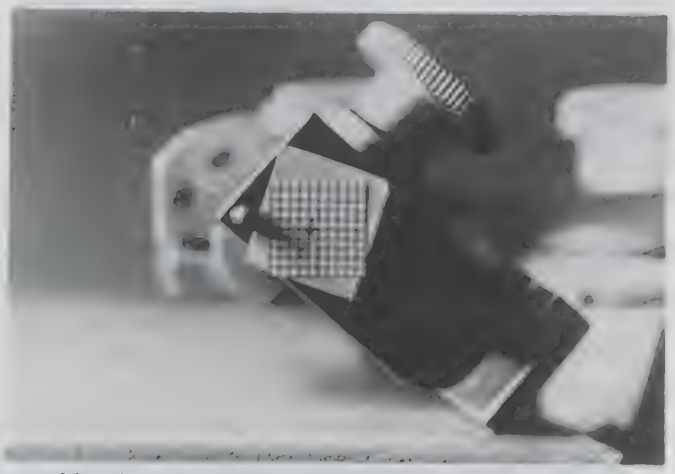


Abb. 5: Artikulatoreigener Scharnierachsenpunkt (Pfeil)

Abb. 6: Artikulator mit montiertem Bunergraph

Abb. 7: Wachsregistrat Oberkiefer

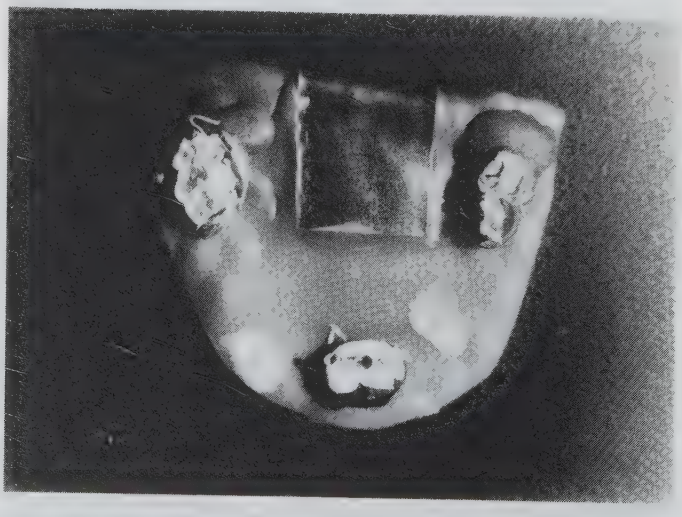


Abb. 8: Wachsregistrat Unterkiefer

An diesem Punkt orientiert man die späteren Wachsregistrate und vergleicht sie auch mit den Kontrollregistraten. Nach Entfernen des Eichsockels kann nun das Oberkiefermodell schädelbezüglich mittels des Gesichtsbogens an die Montageplatte des Artikulatoroberteiles mit Xanthano^{R} angegipst werden. Vorher sollte aber noch die Bißgabel des Gesichtsbogens stabil unterstützt werden, damit diese sich nicht durch das Gewicht des Gipsmodelles durchbiegen kann. Um nun den Unterkiefer zum Oberkiefer schädelbezüglich zu orientieren, müssen sogenannte Wachsregistrate oder Checkbisse angefertigt werden. Basismaterial der Registrate ist das schon oben genannte Set-up-Wachs^{R} von Kerr. In ein auf 58^{o}C erwärmtes Wasserbad (Temperaturkontrolle durch einen externen Thermometer) wird eine Wachsplatte gelegt, bis sie in ihrer Konsistenz labil war. Nach dem Trocknen der erwärmten Platte wurde sie zusammengelegt und vorsichtig auf die Zahnreihe des Oberkiefermodelles gedrückt. Dabei zeigt die Faltstelle der Wachsplatte nach dorsal und dient somit der transversalen Versteifung. Um diese Knickstelle kann noch eine 0,5 mm starke Zinnfolie gelegt werden, die einer Torquierung des Registrates entgegen wirkt. Wichtig ist beim Auflegen der Wachsplatte auf die Zahnreihe, daß wieder nur die Höckerspitzen abgedrückt werden. Die noch warme Wachsplatte wird vom Modell entfernt und mit einer Schere so beschnitten, daß die bukkalen Höcker gerade noch gefaßt sind. Anschließend wird die Wachsplatte im Wasser nochmals erwärmt (Bei dieser Wachssorte ist dies vom Hersteller ausdrücklich erlaubt) und in den Mund gebracht. Dort wird sie an den Höckern der Oberkieferzähne vorsichtig und sorgfältig adaptiert. Sitzt die Wachsplatte schaukelfrei auf den Zahnhöckern wird sie aus dem Mund entfernt und in kaltes Wasser gelegt (nicht Eiswasser!). Nach kurzer Zeit wird sie nochmals auf ihre Paßgenauigkeit im Mund überprüft und dann getrocknet. Um eine bestmögliche Genauigkeit und auch noch eine zusätzliche Versteifung zu erreichen, werden die Wachsimpressionen der Oberkieferzähne mit einem weichen Pinsel und Temp-Bond^{R} leicht bestrichen und solange im Mund adaptiert, bis die

Masse ausgehärtet ist. Fügt man in der Schlußphase des Anmischens von Temp-Bond noch einen Tropfen Wasser bei, geht der Abbindevorgang wesentlich rascher von statten.

Auf die Unterseite des Registrates wird im Bereich der Unterkiefer-Frontzähne etwas Kerr-Rot^{R}-Material aufgetropft. Zwischenzeitlich wurde der Proband im Behandlungsstuhl ziemlich flach gelegt. In dieser Stellung reponiert man das Wachsregistrat wieder in den Mund und hält mit Daumen, Zeige- und Mittelfinger den Unterkiefer soweit geschlossen, daß die mittleren Unterkieferzähne leichte Impressionen in die Kerr-Masse drücken. Es ist darauf zu achten, daß der Biß minimal gesperrt wird und keine Seiten- und Frontzähne (außer 31 und 41) die Wachsplatte berühren. In kühlem Wasser soll die Wachstemperatur wieder reduziert werden. Nach Herausnahme und Trocknung wird nun im Bereich der unteren letzten Molaren grünes Aluminiumwachs (Almiwachs^{R}) auf die Wachsplatte getropft und nach kurzem Aushärten wieder in den Mund gebracht. Der Unterkiefer wird unter Führung des Behandlers bis zum Kerrstop geschlossen. Es sollen nun leichte Impressionen in das Aluminiumwachs gedrückt sein. Die Wachsplatte wird wieder kurze Zeit in kühles Wasser gelegt und dann getrocknet. Auch die Impressionen der Unterkieferzähne auf Kerr und Wachs werden mit Zinkoxid-Nelkenölpaste verfeinert und stabilisiert. Mit Hilfe dieses Registrates wird nun der Modellunterkiefer in retraler Kontaktposition schädelbezüglich in den Artikulator eingegipst (Snow-white). Um diesen Vorgang zu kontrollieren wird wie oben beschrieben noch ein zweites und drittes Registrat angefertigt und mit Hilfe des Kontrollsockels gegen das erste Registrat geprüft.

Um die Gelenkbahnneigung zu erfassen müssen nochmals drei Wachsregistrate angefertigt werden, wobei jetzt der Unterkiefer 6 - 8 mm protrudiert wird. Der Abstand muß im Artikulator überprüft werden (=Distanz distales Kondylusende zu seinem Anschlag).

Die Einstellung des Bennett-Winkels wurde mit 30° festgesetzt. Auf eine individuelle Registrierung mittels Registraten wurde hier verzichtet. Waren nach oben beschriebener Methode keine Fehler ersichtlich, konnte mit einem Acrylatkleber der Split-cast Kontrollsockel am Oberkiefermodell verschlossen werden. Der Split-cast, der für diese Versuchsreihe auch am Unterkiefer angebracht wurde, bleibt offen. Im weiteren Versuchsablauf wird jetzt das Unterkiefermodell aus dem Artikulator herausgenommen. Um keine unnötige Kritik aufkommen zu lassen, sei an dieser Stelle erwähnt, daß nie die Montageplatten während eines Versuchsdurchganges aus dem Artikulator herausgeschraubt wurden.

3.1.3. Herstellung der Schiene

Als nächster Arbeitsgang erfolgt das Anfertigen einer Drumschiene oder Miniplastschiene auf dem Unterkiefermodell. Das Anbringen der Schiene auf den Unterkieferzähnen erfolgt hauptsächlich aus kosmetischen Gründen. Diese Art von Schiene wurde von DRUM (12), RAMFJORD und in der Weiterführung von BOCK (7) beschrieben. Das für die Schiene benötigte Ausgangsmaterial war eine ein Millimeter starke Plexiglasplatte der Firma Erkopress®. In dem von dieser Firma gelieferten Gerät wird diese Platte nach Vorschrift erhitzt und damit zähplastisch. Die weitere Verarbeitung erfolgte nach der dem Gerät beiliegenden Gebrauchsanweisung. In der weiteren Herstellung der Schiene müssen Überschüsse soweit entfernt werden, daß der Folienrand kurz vor dem Zahnsulcus abschließt. Damit vergrößert sich die Retensionskraft der Schiene gegen Abzugskräfte. Um einer Irritation des marginalen Parodontiums vorzubeugen, wurde der Schienenrand hochglanzpoliert. In diesem Fertigungszustand setzt man das Modell ohne Schiene wieder in den Artikulator zurück und senkt das Oberkiefermodell bis zum ersten Zahnkontakt ab. Diese Stellung wird am Artikulatorstützstift markiert. Das Unterkiefermodell kann jetzt im Split-cast verklebt werden,

denn nun wird die Schiene in den Artikulator gebracht und soweit in retraler Kontaktposition eingeschliffen bis der zentrale Stützstift den Frontzahnführungsteller berührt. In dieser Stellung ist die Schiene an der ersten Frühkontaktstelle hauchdünn oder meistens schon durchgeschliffen. Ziel des Einschleifens ist das sichere Fixieren der Zähne in der Schlußbißstellung, in diesem Versuch in der retralen Kontaktposition.

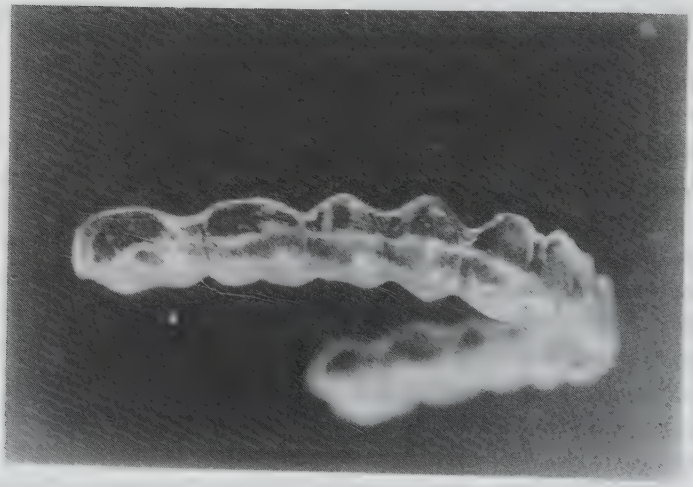


Abb. 9: Fertige Fixationsschiene

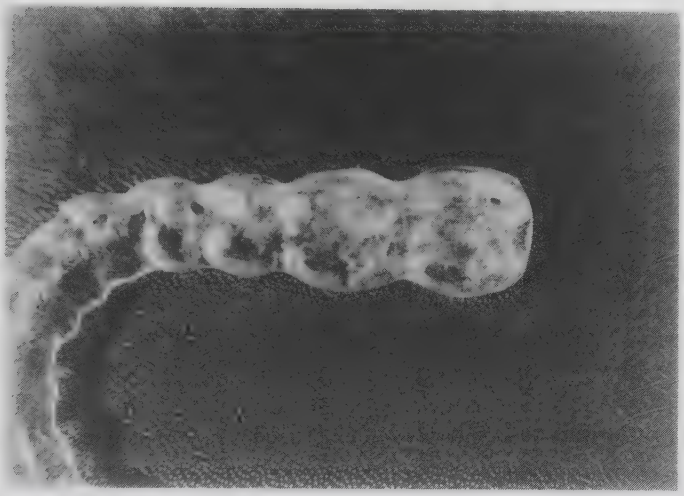


Abb. 10: Eingeschliffene Schiene mit ersten Frühkontaktpunkten (dist. 44, dist. 46 und dist.-bucc. 47)

Das Durchschleifen des ersten Kontaktpunktes in der retralen Kontaktposition garantiert auch eine Bißsperrung, die fast null ist, abgesehen von der vertikalen und sagittalen Veränderung des Unterkiefers beim Gleiten in die Retrallage. Das Einschleifen der Lateralbewegungen hatte eigentlich nur das Ziel horizontale Störfelder zu beseitigen. Da alle Probanden bei Laterotrusionsbewegungen eine Eckzahnführung aufwiesen, wurde diese auch in die Schiene eingebaut. In zwei Fällen mußte sogar in diesem Gebiet noch Kunststoff aufgetragen werden, um eine spontane Disklusion zu sichern und eine balancierte Okklusion zu verhindern. Zum Abschluß wurde die Schiene mit feiner Ventileinschleifpaste der Firma Teroson^{R} fein eingeschliffen und mit einem langsam rotierenden Wollrad am Poliermotor oberflächlich poliert.

Beim Tragen der Schiene waren bei einigen Probanden schon nach wenigen Tagen Abrasionen festzustellen. Deshalb wurden die Schienen alle zwei bis drei Tage aus dem Mund herausgenommen und im Artikulator kontrolliert, eventuell mit

Kaltpolimerisat durchgeriebene Stellen unterfüttert. Es war Pflicht die Schiene vierzehn Tage und Nächte zu tragen. Bei zwei Probanden war es erforderlich ,die Schiene mit Tempbond einzusetzen.

3.1.4. Instrumentelle Funktionsanalyse der zweiten Gruppe im Dentatus

Nach der bis jetzt beschriebenen Methode wurde bei den ersten fünf Patienten verfahren. Bei den folgenden fünf Probanden fand ein Austausch des Gesichtsbogen- und Artikulatorsystems statt. Verwendet wurde der Dentatus, ein "Non-Arcon-Artikulator". Der dazugehörige Gesichtsbogen ist der Almorebogen. Der hauptsächliche Unterschied der Systeme liegt in der Bestimmung der Scharnierachsenpunkte. Während in der ersten Untersuchungsgruppe die "Scharnierachse" arbiträr bestimmt wurde, ist es bei der zweiten Gruppe notwendig, die Scharnierachsenpunkte genau zu lokalisieren.

Die Befestigung des Scharnierachsenlokalisators im Almore-System erfolgt mittels eines dazugehörigen Löffels, der nach Entfernen der Retentionsränder mit Abdruckgips (Xanthano^{R}) an den Unterkieferzähnen befestigt wird. Am Löffelstiel wird oben genannter Lokalisator befestigt. Der Patient befindet sich bei der Scharnierachsenlokalisation in einer halb liegenden Position. Beim leichten Öffnen (ca 1 cm) und Schließen des Unterkiefers, der vom Behandler dabei in die Retrallage geführt wird, beschreiben die Nadelspitzen am Ende des Lokalisatorarmes Segmente von Kreisbahnen. Durch horizontales und vertikales Verstellen des Lokalisatorarmes erzielt man eine Ruhigstellung der Nadelspitze bei Rotationsbewegungen des Unterkiefers. Diese Stellung der Nadelspitze wird durch Tätowierfarbe am aufrecht sitzenden Patienten auf die Haut übertragen. Derart dargestellte Hautpunkte beschreiben die Austrittsstellen der "Scharnierachse" um die sich die Kondylen in der retralen und kranialen Position

rotatorisch bewegen. Zusätzlich zu diesen Hautpunkten ist noch die Bestimmung einer Supraorbitalreferenz notwendig. Diese liegt am tiefsten Punkt des Supraorbitalrandes. Der Punkt wird mit einem Lineal auf gleicher Höhe am Nasenrücken auf der Verbindungslinie medialer Augenwinkel zu Mundwinkel markiert. Das waren im Durchschnitt 25 mm unter dem Augenwinkel. Diese drei Punkte sind auch die Referenzpunkte der Frankfurter Horizontalen. Die nun gewonnene Ebene ist Ausgangsebene für das schädelbezügliche Einartikulieren der Modelle in den Artikulator. Der an den Unterkieferzähnen befestigte Löffel wird nach dem Markieren der Punkte entfernt. Im Anschluß daran wird eine Bißgabel mit Set-up-Wachs umwickelt, wie es beim Whip-Mix-System beschrieben wurde. Über den Stiel, der nach rechts aus dem Mund des Probanden herausragenden Bißgabel, wird der Gesichtsbogen des Almoresystems geschoben und festgeschraubt. Die Seitenarme und der Orbitalanzeiger werden so eingestellt, daß sie die markierten Hautpunkte abgreifen. Auf dem für dieses System vorgesehenen Montagetisch befestigt man den Übertragungsbogen. Der Dentatusartikulator wird nun im Gesichtsbogen so eingestellt, daß die Nadelpunkte auf die dafür markierten Artikulatorstellen zeigen. Das Oberkiefermodell das jetzt auf die unterstützte Bißgabel schaukelfrei gesetzt wird, muß an die Montageplatten des Artikulatoroberteiles gegipst werden (Xanthano^{R}). Die Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer erfolgt auch hier durch Wachsregistrate. Das bei der ersten Versuchsgruppe beschriebene Verfahren hat auch hier Gültigkeit. Auch das Herstellen der Schiene erfolgte wie bereits beschrieben.

3.2. Methodik und Auswertung der Elektromyographie

3.2.1. Der Elektromyograph

Bevor nun die Bißfixierungsschiene dem Probanden eingegliedert wurde, mußten zuerst Elektromyogramme der Mm. masseter

und Mm. temporales hergestellt werden. Der für diese Untersuchung verwendete Elektromyograph war der Physiopolygraph (Varioscript 822) der Firma F. Schwarzer. Bei diesem Gerät erhalten die Registriersysteme ihre Auslenkung von vorgeschalteten Gleichstromverstärkern mit einem Vorverstärkereinschub (EV 561). Es handelt sich bei diesem System um einen hochempfindlichen Verstärkertyp, der für die Registrierung kleiner und kleinster physiologischer (Wechsel-) Spannungen geeignet ist. Seine Empfindlichkeit liegt in Verbindung mit dem Hauptverstärker zwischen 5 V/cm und 25 mV/cm in acht geeichten Stufen. Dies entspricht auch den Forderungen, die BUCHTHAL 1954, GULD 1970 und ROSENFALCK 1968 gestellt hatten.

Der Attennator dient zur Einstellung der Empfindlichkeit des Verstärkers. Bei den vorliegenden Untersuchungen war er auf eine Empfindlichkeit von 0,1 MV/lomm eingestellt. Eine weitere Forderung erstreckt sich auf den Eingang des Gerätes. Hier muß es sich um einen symmetrischen Differentialverstärker handeln. Dieser ist in dem oben genannten Gerät schon integriert. Mit diesem Differentialverstärker werden Wechselströmungen eliminiert, die durch Asymmetrien im äußeren Patientenkreis auf den Verstärker gelangen. Das Untersuchungsgerät arbeitet in einem Frequenzbereich von 2 Hz bis 10 KHz. Bei den vorliegenden Untersuchungen standen Filter und Zeitkonstantenschalter auf unendlich. Dieses Symbol steht für ca. 2 000 Hz.

Die Aufzeichnungen der vom Gerät kommenden Impulse erfolgen direkt, das heißt, sofort sichtbar und dokumentarisch verwertbar. Verwendet wird in dem Gerät das sogenannte Kohledurchschreibeverfahren. Der Schreibzeiger drückt das Kohlepapier gegen eine gerade Stahlkante. Zwischen Kohlepapier und Stahlkante läuft das Registrierpapier. Da das Kohlepapier dem Registrierpapier mit 1/5 der Geschwindigkeit entgegen läuft, genügt schon ein Andruck der Zeiger von wenigen Pond um eine gut sichtbare Aufzeichnung zu erhalten. Die Papiergeschwindigkeit während der Aufzeichnungen der Aktions-

potentiale betrug 200 mm/sec.

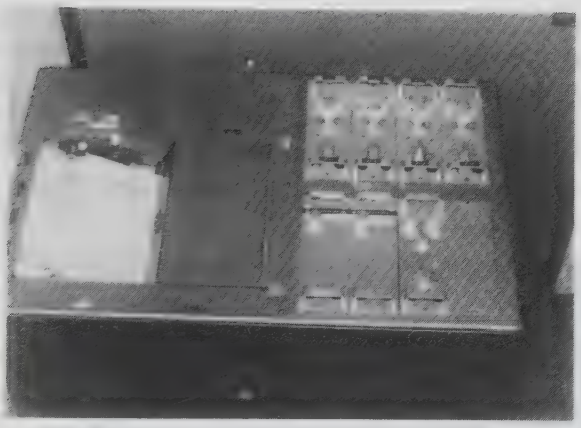


Abb. 11: Elektromyograph

3.2.2. Ableitung der Elektromyogramme

Die Ableitung der Aktionsströme der Masseter- und Temporalisgruppe erfolgte mit Hilfe derselben Elektroden, die BRANDT (8) bei ihren Untersuchungen benutzt hatte. Es handelt sich um bipolare Oberflächenelektroden, deren Messoberflächen einen genormten Durchmesser hatten. Die Elektroden wurden auf der Haut mit Adhaesive Discs befestigt und durch die Löcher im Zentrum der Meßplatte mit Contactine gefüllt. Die Placierung auf der Haut erfolgte an der Stelle der größten Ausbuchtung des Muskels beim kräftigen Kieferschluß. Die Elektroden wurden so nahe wie möglich nebeneinander in vertikaler Richtung auf die Haut geklebt. Um bei den zeitlich verschiedenen Messungen möglichst die gleichen Muskelareale wieder zu treffen, wurden die Punkte vermessen. Der Angulus mandibulae war Ausgangs-

punkt für die Placierung der Elektroden auf dem M. masseter. Gemessen wurde die senkrechte Strecke vom Zentrum der Elektrode bis zum Unterrand der Mandibula und die sagittale Distanz von diesem Punkt bis zum Kieferwinkel. Von der unteren Elektrode am M. temporalis wurde das Lot auf die "Frankfurter Horizontale" gefällt, die durch ein angelegtes Lineal objektiviert wurde und diese Strecke gemessen. Dieser "Linealpunkt" und das distale Ende am Oberrand des Tragus (Linealende) bildeten die zweite Meßstrecke. Nach diesem Prinzip konnten immer wieder die Elektrodenpunkte relativ genau gefunden werden.

Abb. 12: Elektroden

Um den Einfluß störender Raumfelder zu verringern, wurden als Leitungsdrähte Koachsialkabel verwendet. Zusätzlich waren im Raum keine elektrischen Geräte und auch keine Neonbeleuchtung in Betrieb. Weiterhin wurde der Proband durch einen Nulleiter am Handgelenk geerdet. Es wurden die aus dem Operationssaal bekannten Manschetten verwendet.

Jede Elektrode, die Aktionspotentiale eines Muskels aufnahm, wurde in ein separates Verstärkersystem eingeleitet

und aufgezeichnet. So waren alle vier Kanäle des Elektromyographen belegt und auf dem Papierauswurf registriert. Vereinbarungsgemäß wurden die Verstärker von links nach rechts mit dem linken Temporalis, dem linken Masseter, dem rechten Temporalis und dem rechten Masseter belegt. Im Aufzeichnungsteil war die Reihenfolge der Kanäle bzw. der Muskeln von oben nach unten gestaffelt.

3.2.3. Der Versuchsablauf

Der Versuchsablauf am Probanden geschah wie folgt: Vor dem Einsetzen der Schiene wurde von den zu untersuchenden Muskelgruppen ein Elektromyogramm abgeleitet und aufgezeichnet. Dabei provozierte man die Muskulatur durch verschiedene Belastungszustände:

a. Maximale Interkuspidation unter starker isometrischer Anspannung

b. Maximale Belastung der rechten Muskelgruppen durch einen Aufbiß zwischen den Prämolaren und Molaren rechts.

c. Maximale Belastung der Gesamtmuskulatur bei einem frontalen Aufbiß.

d. Maximale Belastung der linken Muskelgruppe durch einen Aufbiß zwischen den Prämolaren und Molaren links.

Der Aufbißbehelf bestand aus einem weichen Orangenholz auf das der Proband mit maximaler Kraft gebissen hat. Die in den Vorversuchen verwendeten harten und unelastischen Aufbißbehelfe irritierten die Probanden so sehr, daß keiner einen hohen Kraftaufwand produzieren wollte. Die aufgezeichneten Aktionspotentiale waren auch teilsweise nicht auszuwerten.

Dem Probanden wurde nun die Schiene eingesetzt. In jedem Falle fand sofort eine Okklusionskontrolle der Schiene im Mund des Probanden mit Hanel^{R}-Farbbändern statt. Diese Kontrollen wurden in zwei- bis dreitägigem Rhythmus wiederholt. Nachdem die Schiene acht Tage ununterbrochen getragen war, wurde von jedem Muskel wieder ein Elektromyogramm aufgenommen. Wieder fanden die maximalen Belastungsaufzeichnungen in den vorher beschriebenen Positionen statt.
Die Schiene blieb auch während der Belastungsversuche im Mund. Dieser Meß- und Registriervorgang wiederholte sich nach weiteren acht Tagen, so daß die Schiene nun vierzehn Tage ununterbrochen getragen war. Nach Abnahme der letzten Elektromyogramme wurde auch die Schiene entfernt. Der Proband mußte sich nun ca. eine Stunde an diese neue Situation gewöhnen. Er wurde aufgefordert in dieser Zeitspanne ab und zu seine Kaumuskulatur bewußt zu aktivieren, aber nicht zu ermüden. Nach dieser Stunde mußten erneut Elektromyogramme der Muskeln in den vier verschiedenen Belastungspositionen aufgezeichnet werden. Damit war für den Probanden der Versuchsablauf beendet und die Versuchsauswertung konnte beginnen.

3.2.4. Methode der Myogrammauswertung

Die vom Elektromygraphen aufgezeichneten Interferenzmuster wurden so ausgewertet, wie es unter anderem LUDIN (41) beschreibt. Bei Interferenzaufzeichnungen lassen sich nicht die Zeitspannen der Potentiale ausmessen, sondern hier ist von qualitativer Aussage die Amplitudenhöhe. Beim Messen der Potentialamplitude wird sie von Spitze zu Spitze, das heißt, vom höchsten positiven bis zum höchsten negativen Punkt des Potentiales gemessen. Die Amplitudenhöhe wird mit geprägt von der Anzahl der zur Aktivierung kommenden motorischen Einheiten. Es handelt sich um eine elektrische Ausbreitungswelle. Im vorliegenden Versuchsablauf wurde jeder Muskel über die Zeitspanne von 14 Tagen für sich ausgewertet. Zuerst kamen dreimal fünfzig Ausschläge aus den drei hinter-

einander aufgezeichneten Interferenzmuster eines Muskels zur Auszählung. Die Bezirke der beginnenden Aktivität und der auslaufenden Aktivität der Interferenzmuster wurden in die Auswertung nicht mit einbezogen und gewertet. Das Interferenzmuster ist in einem Belastungszyklus dreimal aufgezeichnet worden. Der Proband erhielt die Aufforderung zum Beispiel bei der Ableitung der maximalen Interkuspidation, die Zähne so fest wie möglich zusammenzupressen. Nach ca. fünf Sekunden bekam er das Entspannungszeichen. Nach kurzer Pause wurden die Zähne wieder maximal zusammengepreßt. Dies wiederholte sich im allgemeinen dreimal. Waren die Kurven völlig verschieden voneinander, erfolgte nach Kontrolle der Elektroden und der Steckverbindungen eine erneute Aufzeichnung. Die beschriebene dreimalige Belastung des Muskels wiederholte sich nun bei der Belastung rechts, bei der frontalen Belastung und der linksseitigen Belastung.

Nach Addition der 150 Amplitudenlängen und Teilung durch die Anzahl der Ausschläge erhält man eine statistische mittlere Amplitudenlänge einer Belastungsgruppe. Es ergibt sich so ein quantitativ fassbarer Mittelwert.

Da es nun von Interesse ist, wie sich ein Muskel bei einer spezifischen Belastungsart (z.B. linksseitige Belastung) über einen Zeitraum von 14 Tagen verhält, wird eine regelmäßige Amplitudenauswertung in bestimmten Zeitabschnitten vorgenommen. So werden vor dem Einsetzen der Schiene 150 Amplitudenausschläge aus dem Elektromyogramm eines Muskels bei spezifischer Belastungsart registriert und der Mittelwert errechnet. Dasselbe wiederholt sich nach einer Tragedauer der Schiene von 8 bzw. 14 Tagen und nach Herausnahme der Schiene. Zur Veranschaulichung sei der bis jetzt beschriebene Vorgang an einem Beispiel in unten stehender Übersicht wiederholt:

Elektromyographische Auswertung des M. temporalis links bei maximaler Interkuspidation.

a. Vor Tragen der Schiene:
150 Amplitudenausschläge werden
vermessen und gemittelt = mittlere Amplitudenhöhe

b. Schiene wurde acht Tage getragen:
Ermitteln der mittleren Amplitudenhöhe

c. Schiene wurde 14 Tage getragen:
Ermitteln der mittleren Amplitudenhöhe

c. nach Herausnahme der Schiene:
Ermitteln der mittleren Amplitudenhöhe

Die verschiedenen Amplitudenhöhen werden in einem Diagramm aufgezeichnet, wobei auf der Abszisse die Zeit eingetragen wird und die Ordinate eine mittlere Amplitudenhöhe darstellt.

Nach der Auswertung eines bestimmten Muskels und einer spezifischen Belastungsart werden die Veränderungen bei den restlichen Belastungsarten und demselben Muskel untersucht. Es wird nach der gleichen Methode verfahren. Um bei dem obigen Beispiel zu bleiben werden nach Auswertung des M.temporalis links bei maximaler Interkuspidation anschließend die Veränderungen bei linksseitigem, rechtsseitigem und frontalem Aufbiß untersucht. Nach diesem System wird nun auch bei den restlichen Muskeln verfahren.

In dieser kommen die verschiedenen Probanden zum Vergleich wobei auch hier die zwei Gruppen berücksichtigt wurden, die nach den differenzierten Registriermethoden angefertigte Schienen tragen. Von weiterer Bedeutung ist in der Tabelle das Steigen oder Abnehmen der mittleren Amplitudenhöhe zwischen den verschiedenen Aufzeichnungstagen der Elektromyogramme. Es kommt dabei nicht darauf an um welchen Muskel oder um welchen Belastungsort es sich handelt. Von Interesse

ist hier nur die Aussage, ob die Muskelaktivität im Verlauf der Tragedauer der Schiene abnimmt oder zunimmt. Weitere Ausführungen dazu bitte ich dem Kapitel "Ergebnisse" zu entnehmen.

3.3. Die Fehlermöglichkeiten

3.3.1. Die Fehlermöglichkeiten bei der instrumentellen Funktionsanalyse

Die ersten Fehler werden wenn auch ungewollt sicher bei der Bestimmung der Hautpunkte der Scharnierachse gemacht. Beim Quickmount wird diese Fehlermöglichkeit bewußt einkalkuliert, indem die Scharnierachse arbiträr bestimmt wird. Bei der Lokalisation der Hautpunkte durch den Almorebogen verweise ich auf entsprechende Untersuchungen von E. KÖRBER und LANDT (35).

Die Herstellung von Gipsmodellen und das Einartikulieren erfolgte nach den heute üblichen Richtlinien und Gebrauchsanweisungen.

Die Führung des Unterkiefers beim Herstellen des Wachsregistrates erfolgte drucklos beim fast flach liegenden Patienten. Es wurde auf den "anämischen Daumen", der mancherorts propagiert wurde, verzichtet. Das Führen des Unterkiefers ist nicht immer in gleichen Maßen möglich. Bei verspannter Muskulatur werden andere Ergebnisse bezüglich der Herstellung von Registraten erzielt als bei völliger Relaxierung.

Beim Tragen der Schiene kommen weitere Fehlermöglichkeiten dazu, da durch den Kauvorgang ein kontinuierlicher Abrieb am Kunststoff der Schiene stattfindet. Es fanden diesbezüglich jedoch alle zwei bis drei Tage Kontrollen statt.

3.2.2. Fehlermöglichkeiten der Elektromyographie

Die Fehlermöglichkeiten der Elektromyographie sind durch die Tatsache gegeben, daß zur Ableitung der Aktionsströme Oberflächenelektroden verwendet werden. Diese erfassen Summenpotentiale, deshalb ist folglich im Elektromyogramm nicht unbedingt nur die elektrische Aktivität des abgeleiteten Muskels dargestellt.

Weiterhin lassen sich Ansatzpunkte und der Abstand der Oberflächenelektroden bei jeder Messung nicht identisch reproduzieren. Die Konsequenz daraus ist, daß zur Beurteilung eines Muskels keine metrischen quantitative Angaben gemessen werden können, sondern nur eine Aussage im Vergleich der Elektromyogramme untereinander stattfinden kann, also eine qualitative Aussage.

4. ERGEBNISSE

4.1. Ergebnisse der mit dem Whip-Mix-System registrierten Probanden (I-V)

Die Auswertung der gewonnenen Elektromyogramme erfolgte nach der in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Methode (3.2.4.). Da eine qualitativ metrische Aussage nicht möglich ist, wurden die einzelnen Myogramme (Amplitudenhöhen) untereinander verglichen. Der Bezugspunkt für den Vergleich war das Elektromyogramm eines bestimmten Muskels bei einer spezifischen Belastungsart vor dem Eingliedern der Schiene. Das hier gewonnene Ergebnis der gemittelten Amplitudenhöhe desselben Muskels wurde bei derselben Belastungsart nach acht Tagen Tragedauer der Schiene und nach vierzehntägiger Tragedauer, sowie nach Herausnahme der Schiene mit dem ursprünglichen Elektromyogramm verglichen.

Die so gewonnenen Werte werden in ein Koordinatensystem übertragen. Da sich nun nach dieser Auswertungsmethode sehr viele Kurven ergeben, seien stellvertretend zwei charakteristische Ergebnisse aufgeführt, siehe Abb.:
M. masseter rechts bei maximaler Interkuspidation.

Zeitabschnitt	gemittelte Amplitudenhöhe
a. Vor dem Tragen der Schiene	1,67
b. Schiene wurde 8 Tage getragen	1,04
c. Schiene wurde 14 Tage getragen	1,41
c. Nach Herausnahme der Schiene	1,62

Werden diese Werte in ein x/y Koordinatensystem übertragen, erhält man ein für fast alle Muskelgruppen und Belastungsarten geltendes typisches Bild. (Abb.).

Deutlich ist die Abnahme der Amplitudenhöhe in den ersten acht Tagen. Darauf folgt ein fast kontinuierlicher Anstieg bis zu dem Punkt, an dem die Schiene herausgenommen wird.

Hier werden sehr oft die Ausgangswerte erreicht, oft sogar überschritten.

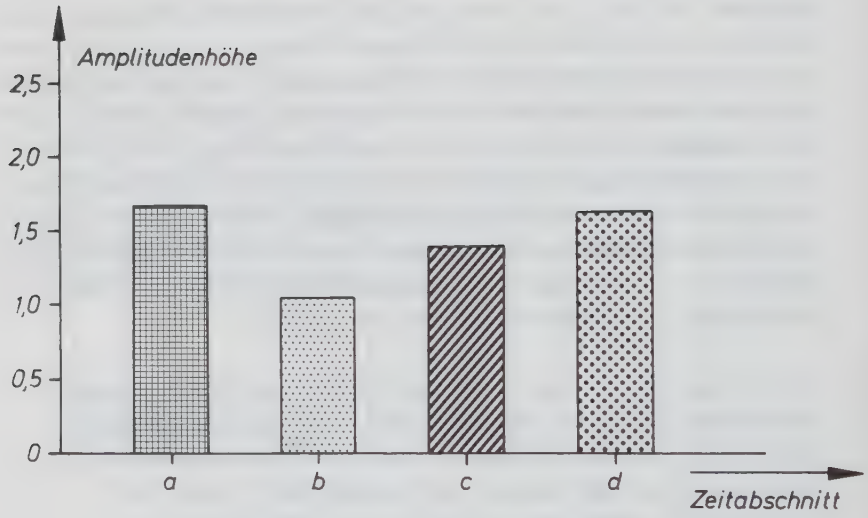


Abb. 13: Testserie mit dem Whip-Mix-Artikulator. Gemittelte Amplitudenhöhen der Muskelaktionspotentiale des M. masseter rechts bei maximaler Interkuspidation nach unterschiedlicher Tragezeit.

a = vor Einsetzen der Schiene
b = Schiene wurde 8 Tage getragen
c = Schiene wurde 14 Tage getragen
d = nach Herausnahme der Schiene

Deutlich ist die Abnahme der Amplitudenhöhe in den ersten acht Tagen. Darauf folgt ein fast kontinuierlicher Anstieg bis zu dem Punkt, an dem die Schiene herausgenommen wird. Hier werden sehr oft die Ausgangswerte erreicht, oft sogar überschritten.

Um ein weiteres Beispiel zu zeigen, sei hier noch der M. temporalis links bei maximaler Interkuspidation erwähnt:

Zeitabschnitte	mittlere Amplitudenhöhen
a. vor dem Tragen der Schiene	1,87
b. Schiene wurde 8 Tage getragen	0,62
c. Schiene wurde 14 Tage getragen	1,28
d. Nach Herausnahme der Schiene	1,77

Die dazugehörige graphische Darstellung sh. Abb.:

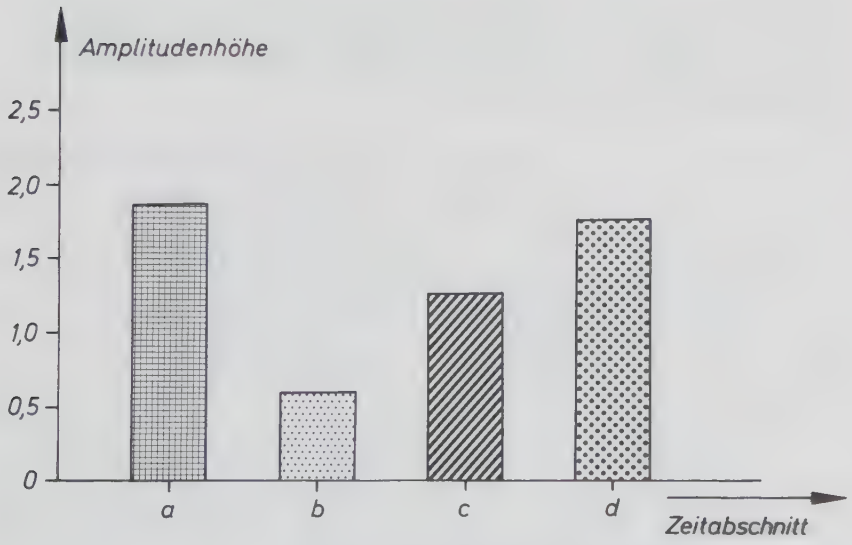


Abb. 14: Testserie mit dem Whip-Mix-Artikulator
Gemittelte Amplitudenhöhen der Muskelaktionspotentiale des M. temporalis links bei maximaler Interkuspidation nach unterschiedlicher Tragezeit

a = vor Einsetzen der Schiene
b = Schiene wurde 8 Tage getragen

Fortsetzung zu Abb. 14:

c = Schiene wurde 14 Tage getragen
d = Nach Herausnahme der Schiene

Auch hier ist ein starkes Abfallen der Amplitudenhöhen der Aktionspotentiale innerhalb der ersten acht Tage auffällig. Das Ansteigen der Amplituden, das sich bis zur Herausnahme der Schiene fortsetzt, entspricht auch den Ergebnissen der meisten Kurven dieser Versuchsreihe.

Neben den Tabellen und graphischen Darstellungen sei hier noch eine Elektromyogrammserie gezeigt, die schon optisch den Verlauf der Aktionspotentiale während den verschiedenen Zeitabschnitten charakterisiert:

Abb. 15: Testserie Whip-Mix-Artikulator
Elektromyogramm des M. masseter links vor dem Einsetzen der Schiene (= Zeitabschnitt a)

Abb. 16: Testserie Whip-Mix-Artikulator
Elektromyogramm des M. masseter links nach einer Tragedauer der Schiene nach acht Tagen. (= Zeitabschnitt b).
Die Amplitudenhöhe ist deutlich abgesunken.

Abb. 17: Testserie Whip-Mix-Artikulator
Elektromyogramm des M. masseter links nach einer Tragedauer der Schiene von vierzehn Tagen (= Zeitabschnitt c).
Ein leichter Anstieg der Amplitudenhöhen wird deutlich.

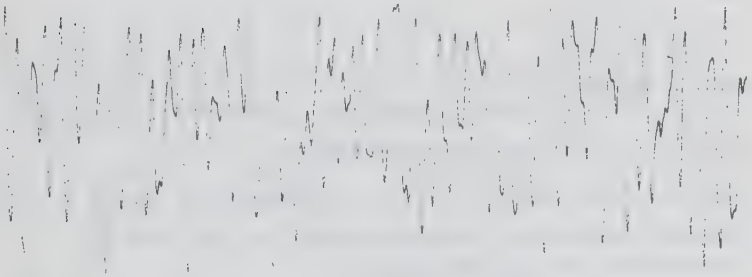


Abb. 18: Testserie Whip-Mix-Artikulator
Elektromyogramm des M. masseter links nach Herausnahme der Schiene (= Zeitabschnitt d).
Die Amplitudenhöhen haben die Ausgangssituation des Zeitabschnittes a erreicht.

Bis jetzt wurden chronologische Einzelergebnisse eines Muskels bei einer bestimmten Belastungsform gezeigt.

Als nächstes wurden diese Einzelergebnisse der untersuchten Muskeln in einer Tabelle zusammengefaßt. Dabei wurde die Seite und die Belastungsart des Muskels unberücksichtigt gelassen. Von Interesse ist hier lediglich, bei welchem Muskel fällt (bei verschiedenen Belastungsarten) oder steigt die Amplitudenhöhe vom Einsetzen der Schiene bis zu einer Tragedauer von acht Tagen, nach vierzehntägiger Tragedauer und nach Herausnahme der Schiene.

Die unten stehende Tabelle soll diese Ergebnisse veranschaulichen, wobei vereinbarungsgemäß "a" die Zeit vor dem Tragen der Schiene, "b" nach acht Tagen Tragedauer, "c" nach 14-tägiger Tragedauer und "d" nach Herausnahme der Schiene ist.

	Fall I	Fall II	Fall III	Fall IV	Fall V	Summe
von a nach b steigend	3	1	1	1	2	8
von a nach b fallend	13	15	15	15	14	72
von b nach c steigend	5	14	12	20	16	57
von b nach c fallend	11	2	4	6	0	23
von c nach d steigend	15	14	14	13	2	58
von c nach d fallend	1	2	2	3	14	22

Abb.19: Testserie des Whip-Mix-Artikulator

Verlauf der gemittelten Aktionspotentiale aller Muskeln bei allen Belastungsarten in den verschiedenen Zeitabschnitten:

a. Vor Tragen der Schiene
b. Schiene wurde 8 Tage getragen
c. Schiene wurde 14 Tage getragen
d. nach Herausnahme der Schiene

Das Ergebnis der nebenstehenden Tabelle besagt in Worten, daß in der Mehrzahl der Fälle eine deutliche Abnahme der Amplitudenhöhe nach achttägiger Tragedauer der Schiene stattfindet. In den folgenden acht Tagen steigt die Amplitudenhöhe wieder an. Greift man aus dieser Gesamtbetrachtung den Fall I heraus, ist hier allerdings eine weitere Abnahme der Amplitudenhöhe festzustellen. Die Elektromyogramme, die nach Herausnahme der Schiene aufgezeichnet werden, zeigen in der Mehrheit der Fälle einen weiteren Amplitudenausschlag. Eine Ausnahme bildet hier der Fall V; bei ihm ist nach einem Anstieg wieder ein Amplitudenabfall zu verzeichnen.

Die Übertragung dieser Ergebnisse in ein Koordinatensystem ergibt das für die erste Gruppe der Probanden (Whip-Mix) charakteristische Diagramm (Abb. 20), wobei für den Amplitudenabfall der kleinste Wert aus der Untersuchung herausgegriffen wurde und für die Steigungen die jeweiligen Maximalwerte Verwendung fanden.

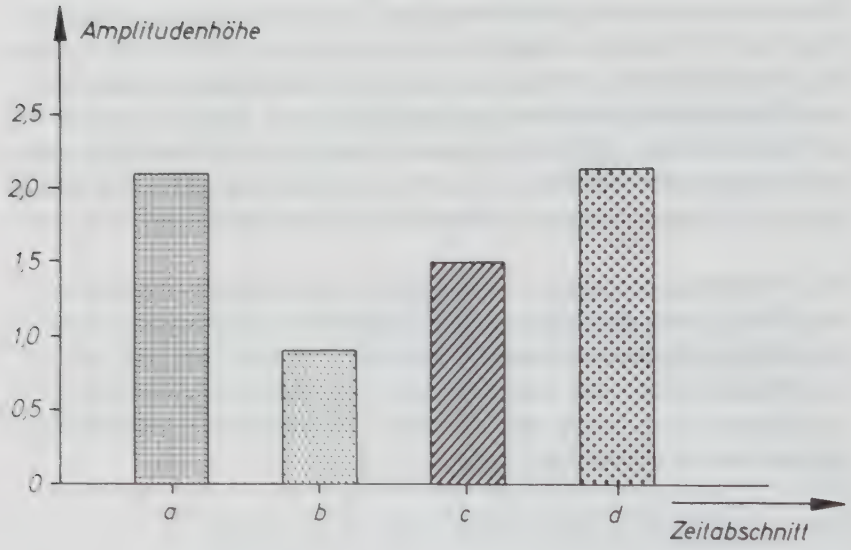


Abb. 20: Testserie Whip-Mix-Artikulator
Die größten Maximal- bzw. Minimalwerte der gemittelten Amplitudenhöhen aller Elektromyogramme der M. masseter (re. u. li.) und temporales (re. u. li.) der Probanden I - V in den Zeitabschnitten

a = vor Einsetzen der Schiene
b = Schiene wurde 8 Tage getragen
c = Schiene wurde 14 Tage getragen
d = nach Herausnahme der Schiene

4.2. Ergebnisse der mit dem Dentatus System registrierten Probanden (VI - X)

Die Aufteilung der Ergebnisse in die zwei Gruppen ergab sich bei der Versuchsauswertung. Hier wurde deutlich, daß die Elektromyogramme der Probanden, die mit dem Dentatus registriert wurden, zu der "Whip-Mix-Gruppe" Unterschiede zeigten.

Hier sollen auch charakterliche Werte herausgegriffen werden und für die restliche Auswertung stellvertretend stehen:
M. temporalis links bei einer Okklusionsbelastung auf der linken Seite.

Zeitabschnitte	gemittelte Amplitudenhöhe
a. vor dem Tragen der Schiene	1,83
b. Schiene wurde 8 Tage getragen	1,18
c. Schiene wurde 14 Tage getragen	0,93
d. Nach Herausnahme der Schiene	1,43

Die graphische Darstellung zu diesen Werten zeigt die charakteristische Tendenz: (s. Seite 56)

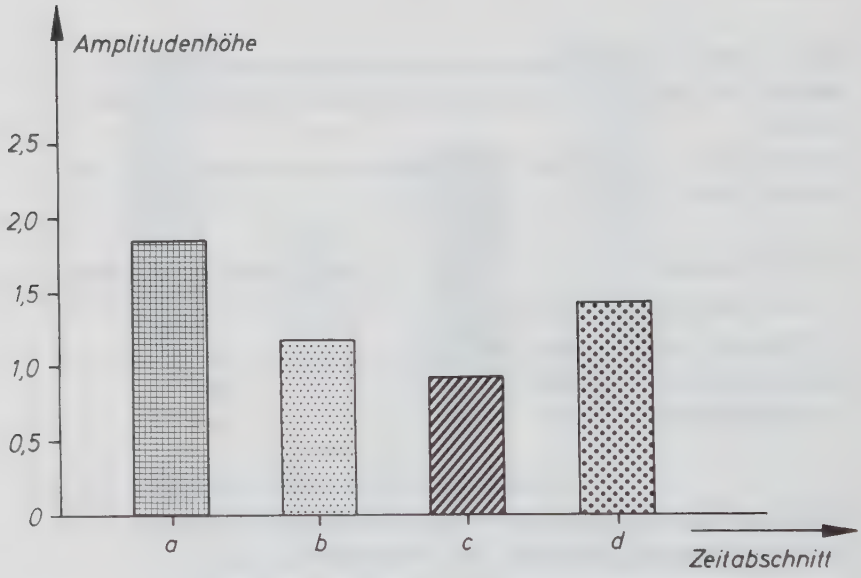


Abb. 21: Testserie Dentatus Artikulator
Gemittelte Amplitudenhöhen der Muskelaktionspotentiale des M. temporalis bei Okklusionsbelastung auf der linken Seite bei verschiedenen Tragedauern der Schiene. (Zeitabschnitt sh. Text).

Ein weiteres Beispiel aus Fall VIII:
M. temporalis rechts bei maximaler Interkuspidation.

Zeitabschnitte	gemittelte Amplitudenhöhe
a. vor dem Tragen der Schiene	1,28
b. Schiene wurde 8 Tage getragen	0,81
c. Schiene wurde 14 Tage getragen	0,67
d. Nach Herausnahme der Schiene	1,19

Auch hierzu sei das einzelne Ergebnis in einem Diagramm erfaßt:

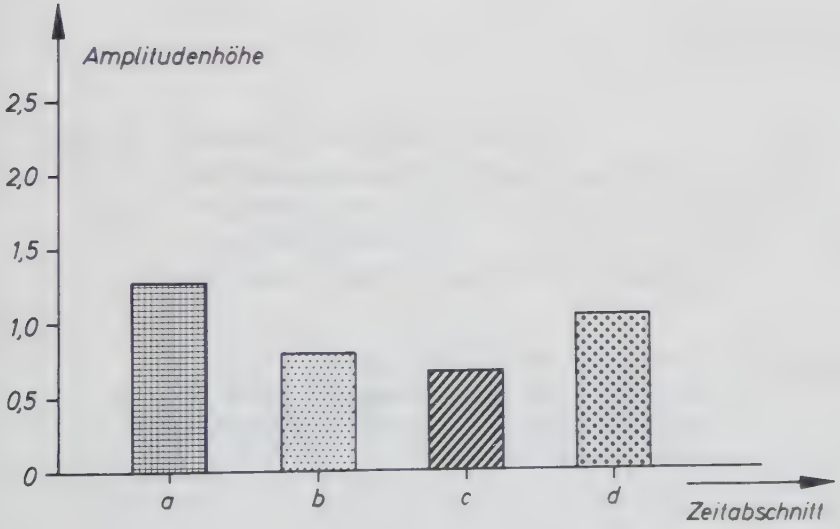


Abb. 22: Testserie Dentatus Artikulator
Gemittelte Amplitudenhöhen der Muskelaktionspotentiale des M. temporalis rechts bei maximaler Interkuspidation und verschiedenen Tragedauern der Schiene (Zeitabschnitte sh. Text).

Es ist in den beiden gezeigten Beispielen deutlich geworden, daß beim Einsetzen der Schiene wieder ein starker Amplitudenabfall zu verzeichnen ist. Zum Unterschied zu den Ergebnissen aus der vorhergehenden Gruppe beginnt nun nach acht Tagen Tragedauer keine Zunahme der Amplituden, sondern eine noch weitere Abnahme. Erst nach Herausnahme der Schiene steigt die Amplitudenhöhe der abgeleiteten Elektromyogramme wieder an und erreicht fast immer die Ausgangswerte vor dem Einsetzen der Schiene.

Die folgenden Abbildungen sollen einen optischen Eindruck der Veränderungen der Elektromyogramme in den verschiedenen Zeitabschnitten vermitteln.

Abb. 23: Testserie Dentatus Artikulator
Elektromyogramm des M. masseter links vor dem Einsetzen der Schiene (= Zeitabschnitt a).

Abb. 24: Testserie Dentatus Artikulator
Elektromyogramm des M. masseter links nach einer Tragezeit der Schiene von acht Tagen.
(= Zeitabschnitt b).
Die Amplitudenhöhe ist deutlich abgesunken.

Abb. 25: Testserie Dentatus Artikulator
Elektromyogramm des M. masseter links nach einer Tragedauer der Schiene von vierzehn Tagen.
(= Zeitabschnitt c).
Die Amplitudenhöhe ist weiter abgesunken.

Abb. 26: Testserie Dentatus Artikulator
Elektromyogramm des M. masseter links nach Herausnahme der Schiene. (= Zeitabschnitt d).
Die Amplitudenhöhen haben die Ausgangssituation des Zeitabschnittes a erreicht.

Wie bei der Beschreibung der Versuchsergebnisse im vorhergehenden Kapitel sollen auch hier die vielen Einzelergebnisse in einer Tabelle zusammengefaßt werden. Die Beschreibung und Erläuterung dazu bitte ich dem Kapitel 4.1. zu entnehmen.

	Fall VI	Fall VII	Fall VIII	Fall IX	Fall X	Summe
von a nach b steigend	3	0	1	0	0	4
von a nach b fallend	13	16	15	16	16	76
von b nach c steigend	6	2	7	2	0	17
von b nach c fallend	10	14	9	14	16	62
von c nach d steigend	16	15	14	16	16	77
von c nach d fallend	0	1	2	0	0	3

Abb.27: Testserie Dentatus Artikulator

Verlauf der gemittelten Aktionspotentiale aller Muskeln bei allen Belastungsarten während verschiedener Zeitabschnitte
(Erläuterung sh. Text).

Das in der obigen Tabelle stehende Ergebnis besagt, daß nach acht Tagen Tragedauer ein deutlicher Amplitudenabfall zu verzeichnen ist, wobei in keinem Probandenfall eine größere Abweichung festzustellen ist. Im weiteren Verlauf der Schienentragedauer sinkt die Amplitudenhöhe auch weiter ab. Auch hier überwiegt bei keinem Fall die Zunahme der Amplitudenhöhe. Erst nach Herausnahme der Schiene kommt es wieder zu einem deutlichen Amplitudenanstieg.

Die Erfassung dieser Ergebnisse in einem Koordinatensystem ergeben ein für die zweite Gruppe der Probanden charakteristisches Diagramm (Abb.). Es werden auch hier die jeweiligen Maximal- bzw. Minimalwerte aus den Versuchsreihen herangezogen.

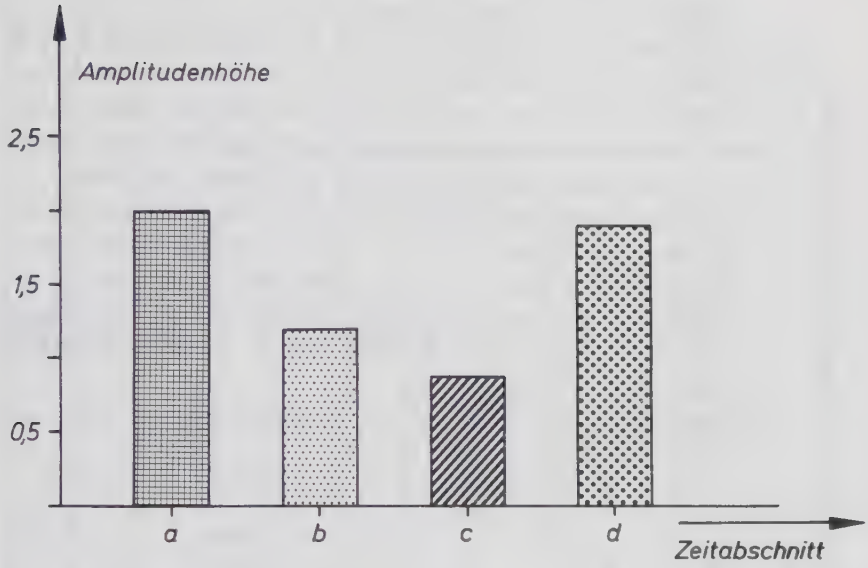


Abb. 28: Testserie Dentatus Artikulator
Die größten Maximal- bzw. Minimalwerte der gemittelten Amplitudenhöhen aller Elektromyogramme der Mm. masseter und temporales der Probanden VI - X, in den Zeitabschnitten a bis d. (Erläuterung sh. Text).

4.3. Subjektive Ergebnisse aus der Sicht der Probanden

In diesem Kapitel sollen Angaben der Patienten verzeichnet werden, die sie im Verlauf der Versuchszeit über den Zustand ihres Kausystems angegeben haben.

An erster Stelle rangieren hier Kiefergelenksbeschwerden, die relativ häufig in Erscheinung traten. Hauptsächlich aber bei Probanden, die eine deutliche Differenz zwischen habitueller Interkuspidation und retraler Kontaktposition hatten. Den größten Unterschied wies Fall I auf; hier wurde eine Differenz von drei Millimeter gemessen.

An nächster Stelle traten Muskelbeschwerden auf, die sich manchmal in einem deutlich tastbaren Hartspann manifestierten.

In der folgenden Tabelle wurden die Kiefergelenksbeschwerden und Muskelirritationen der einzelnen Probanden nach deren Aussagen festgehalten.

Probanden		kurz nach Einsetzen der Schiene	nach einer Tragedauer von 8 Tagen	nach einer Tragedauer von 14 Tagen	nach Herausnahme der Schiene	
Fall I	KG	XXX	XXX	---	---	(Whip-Mix)
	Musk.	---	---	---	---	
Fall II	KG	---	---	---	---	
	Musk.	---	XXX	---	---	
Fall III	KG	---	---	---	---	
	Musk.	---	---	---	---	
Fall IV	KG	XXX	XXX	---	XXX	
	Musk.	---	XXX	XXX	---	
Fall V	KG	---	---	XXX	---	
	Musk.	XXX	XXX	XXX	---	
Fall VI	KG	---	XXX	---	---	(Dentatus)
	Musk.	---	---	---	---	
Fall VII	KG	---	---	---	---	
	Musk.	---	---	---	---	
Fall VIII	KG	---	---	---	---	
	Musk.	---	XXX	XXX	---	
Fall IX	KG	---	---	---	---	
	Musk.	---	---	---	---	
Fall X	KG	---	---	---	---	
	Musk.	---	XXX	XXX	---	

KG = Kiefergelenksbeschwerden; Musk. = Muskelbeschwerden

Abb. 29: Übersicht der Kiefergelenksbeschwerden u. Muskelirritationen bei den Probanden

Die Tabelle zeigt ein leichtes Übergewicht der Kiefergelenksbeschwerden, die meistens bei Herausnahme der Schiene schon nach kurzer Zeit nachgelassen haben und innerhalb eines Tages vom Probanden nicht mehr registriert wurden. Ein Proband machte hier eine Ausnahme, die objektiv nicht zu klären war. Auch bei den restlichen Probanden die über Kiefergelenksbeschwerden und Muskelbeschwerden klagten, machte ich die Beobachtung, daß sie sehr empfindsam sind, vielleicht sogar sensibel. Es war jedoch kein Proband dabei, der auf Grund seiner Beschwerden die Schiene entfernt haben wollte.

Bei einer Aufschlüsselung der einzelnen Fälle ergibt sich

Fall	Die Schiene wurde
I	akzeptiert
II	akzeptiert
III	als "sehr gut" angenommen
IV	toleriert
V	mit Überredung bis zum Schluß getragen
VI	nach Versuchsabschluß wieder eingesetzt
VII	toleriert
VIII	toleriert
IX	akzeptiert
X	toleriert

Zusammenfassend sei nach Angabe der Probanden festgestellt, daß zwei von ihnen die Verlagerung des Unterkiefers in die Retrallage als angenehmer empfanden als die ursprünglich von innen eingenommene habituelle Lage. Drei Probanden würden die neue Unterkieferposition bei einer Gesamtrehabilitation auf Dauer akzeptieren, vier haben den Zustand vierzehn Tagen toleriert, stehen aber einem "Dauerzustand" skeptisch gegenüber. Lediglich ein Proband hatte von Anfang bis Schluß teilweise akute Schwierigkeiten und würde bei einer Neueinstellung des Unterkiefers den Behandler sicher zur Verzweiflung bringen.

5. WERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Die in den letzten Kapiteln beschriebenen Ergebnisse heben eine Veränderung der Muskulatur in ihrem "elektromyographischen Verhalten" hervor. Ein objektiv meßbarer Abfall der Amplitudenhöhe nach Einsetzen der Schiene ist in einem außerordentlich hohen Prozentsatz der untersuchten Myogramme festzustellen.

Bei der weiteren Auswertung ist eine Aufspaltung der Veränderung des Amplitudenverlaufes in die zwei Probandengruppen signifikant. Bei der "Whip-Mix-Gruppe" steigt der Amplitudenausschlag im weiteren Verlauf der Tragedauer der Schiene stetig an und erreicht nach Herausnahme der Schiene meistens die Ausgangswerte wieder. Die Elektromyogramme der "Dentatus-Gruppe" ändern sich dahingehend, daß die Amplitudenausschläge der Interferenzmuster auch nach dem achten Tag weiter abnehmen und erst nach Herausnahme der Schiene wieder stark ansteigen.

Diese in einem Vergleichsverfahren ausgewerteten Ergebnisse der Myogramme haben ihre Ursache im Eingliedern einer Schiene und in der Positionsänderung des Unterkiefers. Damit ändert sich -wenn auch geringfügig- die Kontraktionsrichtung und auch die Kontraktionslänge der am Unterkiefer ansetzenden Muskulatur. In den meisten Muskeln, deren Fasern in Richtung der Sehne verlaufen, erstreckt sich eine einzelne Muskelfaser über die gesamte Länge des Muskels. Das bedeutet, daß unter den Ableitelektroden alle Fasern des Muskels verlaufen und die über den Muskel sich ausbreitende Erregungswelle teilweise erfaßt wird. Nach BETHMANN (5) nimmt die gemessene Spannung beträchtlich mit dem Abstand der Ableitelektroden von den aktiven Muskelfasern ab. Dazu kommt noch der Hautwiderstand, so daß bei der Ableitung von der Hautoberfläche nur zwei bis zehn Prozent der Amplitudenhöhe der Ableitung registriert wird. Die Stärke einer Muskelkontraktion -BUCHTHAL (9)- ist zum Teil durch die

Frequenz der Entladung einer motorischen Einheit bestimmt und durch die Zahl der innervierten motorischen Einheiten. Es wäre nun allerdings falsch die Höhe der Aktionspotentiale mit der erzeugten Muskelkraft direkt zu identifizieren. Jedoch besteht nach BUCHTHAL eine gewisse Korrelation, denn bei einer maximalen elektrischen Reizung des Nerven gestattet die Messung der Potentialamplitude an der Oberfläche des Muskels eine relativ gute Aussage über die Menge der auf diese Impulse reagierenden Muskelfasern. Dabei registriert bei stärkerer Anstrengung die Elektrode gleichzeitig Aktionspotentiale vieler Muskelfasern verschiedener motorischer Einheiten. Nach einer Untersuchung von BETHMANN ist eine Abweichung der Korrelation von 25 kp ziemlich gering (+/- 15 %). Da bei den vorliegenden Untersuchungen der Proband immer dazu animiert wurde,mit größtem Kraftaufwand seine isometrischen Kontaktionen auszuführen, lassen sich aus den Werten der Amplitudennöhen doch gewisse Rückschlüsse auf mechanische Größen ableiten. Zu diesem Ergebnis kommen -wie vorher angeführt- zahlreiche Autoren.

Mit dieser Aussage ist die Möglichkeit einer Wertung gegeben. Mit dem Einsetzen der Schiene ist ein Rückgang der Kontraktionsgröße der Muskulatur gekoppelt. Dieser Schwund der "Kaukraft" wird bei der Gruppe der ersten fünf Probanden nach vierzehntägiger Tragedauer ziemlich kompensiert. Nach der Herausnahme der Schiene ist zum Anfangsbefund kaum noch ein Unterschied festzustellen. Bei der zweiten Gruppe der Probanden nimmt die Kraft der isometrischen Kontaktionen weiter ab und die Muskulatur erholt sich eigentlich erst nach Herausnahme der Schiene. Nach diesen Gedanken, die eine Wertung der Ergebnisse versuchten, drängt sich einmal die Frage nach der Ursache der Veränderungen in der Muskulatur auf und weiterhin auch die Frage nach der Ursache der deutlichen Differenzen zwischen den zwei untersuchten Gruppen.

Die primäre Ursache für eine Veränderung im Muskelgewebe wird eine neuroreflektorische Umprogrammierung des

gesamten Muskels sein. Es wird sowohl seine seitherige Arbeitsrichtung verändert als auch ein vorzeitiger Stop bei der isometrischen Kontraktion durch die Verlagerung des gesamten Unterkiefers verursacht. Zu dieser neuromuskulären Komponente kommt sicher noch das unterbewußte Gefühl, daß sich im Mund ein Fremdkörper befindet. Schon diese sensorische Irritationen können sekundär eine muskuläre Irritation verursachen.
Hier darf auch keinesfalls der Kiefergelenksschmerz übersehen werden, der wie schon in anderen Kapiteln angeführt und von anderen Autoren untersucht, zu einer "Schonstellung" bzw. Inaktivierung der Kaumuskulatur führt. Auch veranlaßt er reflektorische Entlastungsbewegungen des Unterkiefers um eine Gelenksentlastung zu erziehlen. Doch beeinflußt diese Gelenksirritationen die Wertung nicht wesentlich, da sie selten und kaum objektivierbar während des Versuchsablaufes auftrat.

Der zweite Punkt, der die Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Gruppen anspricht,wird in der Deutung unwesentlich problematischer. Während bei den mit dem Quickmount (Whip-Mix) registrierten Probanden der ersten Gruppe eine "Erholung" der Muskulatur nach acht Tagen festgestellt wird, ist ein weiterer Aktivitätsverlust bei der zweiten Probandengruppe festzustellen. Sie wurden mit dem Almorebogen registriert und die Schiene im Dentatus hergestellt. Da dieses System durch die genaue Registrierung der Scharnierachse wesentlich diffiziler und genauer ist, sollte eigentlich hier ein Vorteil für das stomathognathe System erwartet werden. Dies ist jedoch nach dieser Untersuchung nicht der Fall. Leider ist es mir nicht möglich eine Erklärung für dieses Phänomen zu geben, was aber nicht heißen soll, daß dies der Zukunft verschlossen bleiben sein soll.

6. DISKUSSION

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, das Verhalten der Muskulatur mittels Elektromyographie zu untersuchen, nachdem der Unterkiefer aus seiner habituellen Lage in eine retrudierte Kontaktposition verlagert wurde.
Zur Untersuchung wurde ein Elektromyograph verwendet, der die Voraussetzungen aufwies, vergleichbare und auswertbare Elektromyogramme aufzuzeichnen. Die Elektromyogramme wurden auf Papierstreifen im Kohledurchschreibeverfahren hergestellt. Auf eine Aufzeichnung und Auswertung durch einen Oszillographen wurde aus dokumententechnischen Gründen verzichtet, wobei für eine spontane Analyse am Patienten diese Methode in Betracht gezogen werden sollte. Die Dokumentation dieser Röhrenaufzeichnungen könnten mittels einer Sofortbildkamera festgehalten werden. Diese Methode könnte für Routineuntersuchungen oder Muskelkontrollen vor und nach dem Eingliedern von größeren Rehabilitationen auch in einer Praxis Verwendung finden. Sie wäre aber für eine große statistische Auswertung, wie sie für diese Arbeit notwendig ist, ungeeignet.

Die Registrierung der Probanden mit den zwei beschriebenen Systemen erfolgte nach den Richtlinien, die von erfahrenen Prothetikern auf dem Gebiet der instrumentellen Funktionsanalyse in Wort und auch im Schrifttum angegeben werden.

Gewisse Kleinigkeiten haben sich in der Zwischenzeit bis zur Veröffentlichung der vorliegenden Arbeit geändert. Diese Änderungen betreffen aber nicht das System oder greifen wesentlich in die Arbeitsabläufe ein. Meistens handelt es sich um Änderungen auf dem Materialsektor. Es soll lediglich der Qualität wegen darauf verwiesen werden, daß bei den Wachsregistraten der Werkstoff Wachs verlassen wird und dafür Zinnfolien verwendet werden. Ich bin jedoch überzeugt, daß auch bei Berücksichtigung der inzwischen eingetretenen Abweichungen in Methodik und Material keine wesentlichen

Änderungen am Ergebnis eingetreten wären.

Das Ergebnis selbst ist in seiner Aussagekraft sehr deutlich, wenn man die Anfänge der Schienentragedauer betrachtet. Bei fast allen zehn Probanden ist nach dem Einsetzen der Schiene eine spontane Veränderung im elektrischen Verhalten der Muskulatur feststellbar. Zieht man ähnliche Arbeiten bekannter Autoren zur Wertung heran, würde dieser Aktivitätsverlust mit einer Verminderung des Kraftausdrucks der Muskulatur einhergehen. Ursache ist hier sicherlich die räumliche Verlagerung des Unterkiefers in sagittaler und geringfügig auch in vertikaler Richtung. Weiterhin dürfte die Schiene vom Probanden,vielleicht auch unbewußt registriert, als ein Fremdkörper mit einen Teil der Ursache übernehmen. Untersuchungen über den Einfluß von "Fremdkörpern" auf die Muskulatur wurden angeführt und liegen vor. So wird die Schiene auch einem Vergleich mit einer einwandfrei aufgewachsten und remontierten Versorgung der Zähne in Bezug auf Genauigkeit und der Materialtoleranz her nicht standhalten. Jedoch dürfte die erzielte Genauigkeit der Schiene die geforderten Normen und Toleranzen nicht unterschreiten.

Was den Vergleich der Aktionspotentiale vor und nach der okklusalen Intervention anbetrifft, müßte noch die Frage geklärt werden, inwieweit die vom Patienten als subjektiv empfundene "maximale Belastung in der IKP" als objektiv gewertet werden kann. Als zusätzliches Kriterium könnte hier zum Beispiel noch das Erreichen einer bestimmten Kraft herangezogen werden oder auch ein interokklusales Ruhepotentialmuster von M. masseter und temporalis.

Verwundert hat das in dieser Arbeit vorliegende Ergebnis bei der Myogrammauswertung in der Folgezeit während der Schienentragedauer. Während bei der ersten Gruppe der Probanden, die nach einer arbiträren Scharnierachse registriert wurden, eine "Erholung" der Amplitudenhöhen in Richtung eines höheren

Ausschlages gemessen wurde, fällt diese bei der zweiten Probandengruppe noch weiter ab. Die zweite Gruppe weist exakt registrierte Scharnierachsenpunkte auf. Diese Achse wurde ebenso genau in den Artikulator übernommen. Geht man von der Genauigkeit aus, müßte eigentlich bei der zweiten Gruppe ein positiveres Ergebnis zu erwarten sein.

Die Systeme unterscheiden sich in der räumlichen Anordnung der Modellpaare im Artikulator nach Montage. Ein plausibler Grund für das vorliegende differente Verhalten der Gruppen kann ich nicht geben.

Es bleibt eigentlich nur auf diese Tatsachen zu verweisen. Auch aus den Angaben der Probanden über Verträglichkeit oder Beschwerden durch die Schiene lassen sich keine Erklärungen erzielen. Doch als Resumee läßt sich soviel sagen, daß die Muskulatur auf die Verlagerung des Unterkiefers in die retrale Kontaktposition reagiert. Anfänglich in allen Fällen mit einem Aktivitätsverlust (= Verlust an Kraftaufwand), der später wieder ansteigt oder aber noch weiter abfällt. Wenn auch fast alle Probanden mit der neuen Unterkieferlage zurechtgekommen sind, so darf nicht übersehen werden, daß vereinzelt Kiefergelenksbeschwerden und Beschwerden in der Muskulatur aufgetreten sind. Für die Praxis wären diese Gedanken ein Grund zu der Überlegung, ob es nicht besser ist, vor einer Veränderung des Unterkiefers in dorsaler Richtung diese vorher durch entsprechende Fixationsschienen zu testen und zu prüfen, ob diese neue Situation überhaupt vom stomatognathen System und auch vom Patienten angenommen wird.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit stellt einen Beitrag zur elektromyographischen Untersuchung der Mm. masseter und Mm. temporales nach Verlagerung des Unterkiefers in die retrale Kontaktposition dar.

Dazu wurden zehn Probanden nach zwei verschiedenen Methoden registriert, die sich hauptsächlich in der Bestimmung der Scharnierachse unterscheiden.

In dem zu den jeweiligen Registriermethoden gehörigen Artikulatoren wurden spezielle Schienen hergestellt, die die Lage des Unterkiefers in der retralen Kontaktposition fixieren. Die Probanden mußten die Schiene vierzehn Tage tragen.

Elektromyogramme wurden von der Muskulatur vor dem Tragen der Schiene, nach acht Tagen Tragedauer, nach vierzehn Tagen Tragedauer und nach Herausnahme der Schiene genommen.

Bei der Auswertung dieser Myogramme erhielt ich folgende Ergebnisse:

1. Acht Tage nach Einsetzen der Schiene war bei allen Probanden ein deutlicher Abfall der Amplitudenhöhen der Interferenzmuster festzustellen.

2. Vierzehn Tage nach dem Einsetzen der Schiene war bei den Probanden der ersten Gruppe ein Anstieg der Amplitudenhöhen deutlich.

3. Bei den Probanden der zweiten Gruppe war nach vierzehn Tagen ein weiterer Abfall der Amplituden signifikant.

4. Nach Herausnahme der Schiene waren die Amplitudenhöhen bei fast allen Probanden wieder fast ähnlich den Ausgangswerten.

In der Wertung wurde festgestellt, daß die Amplitudenausschläge bei maximalen Kraftaufwänden der Muskulatur mit dem Kraftparameter des untersuchten Muskels in gewisser Weise korreliert.

Eine weitere Aussage wurde dahingehend gestellt, daß eine Verlagerung des Unterkiefers in die retrale Kontaktposition ein nicht unbedeutender Eingriff in das stomathognathe System darstellt. Eine Veränderung im obigen Sinne sollte nicht ohne vorherige Prüfung der Patientenreaktionen vorgenommen werden.

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. ADRIAN, E.D., BRONK, D.W.
   The discharge of impulses in motor nerve fiber.
   Journ. Physiol. 67, 119 - 151 (1929)

2. BALKWILL, F.H.
   The best Form and Arrangements of Artificial Teeth for Mastication.
   Tr. Odontal Sociation Great Britain 5, (1865)

3. BAUER, A., GUTOWSKI, A.
   Gnathologie
   Quintessenz Verlag 23, (1975)

4. BAUER, A., GUTOWSKI, A.
   Gnathologie
   Quintessenz Verlag 90, (1975)

5. BETHMANN, W.
   Elektromyographische Untersuchungen am M. masseter zur Physiologie und Pathophysiologie des orofazialen Systems.
   Dtsch. Stomatologie, 20. Jahrgang, April 1970, S. 241 ff.

6. BLACKWOOD, J.H.
   Adaptive changes in the mandibular joints with function.
   Dent. Clin. North Amer. 10, 599 (1966)

7. BOCK, O.
   Aufbißschienen und Bißplatten
   Zahnärztl. Praxis: Ihg. XIX/Nr. 21, (1968)

8. BRANDT, G.
   Myo-Sonographie der Kaumuskulatur; Zusammenhänge zwischen elektrischer und mechanischer Aktivität bei normaler und gestörter Kaumuskelfunktion.
   Med. Diss., Frankfurt (1973)

9. BUCHTHAL, F.
Einführung in die Elektromyographie
Verlag: Urban u. Schwarzenberg München (1958)

10. CAMPION, G.G.
Some Graphic Records of Movements of the Mandible in the living Subjekt.
D. Cosmos, 47, 39, (1905)

11. CARLSÖÖ, S.
Nervous coordination and mechanical function of the mandibular elevators.
Acta Odont. Scand., 10 Suppl. 11, (1952)

12. DRUM, W.
Aufbißschienen und Bißplatten
Zahnärztl. Praxis, Jhg. XIX, Nr. 13 (1968)

13. FUCHS, P.
Über Relation zwischen Kaumuskelkraft und Elektromyogramm
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, Heft 10 (1969)

14. GARNIK, H., RAMFJORD, S.P.
Rest position. An elektromyographic and clinical investigation.
Jour. Proth. Dent. 12, 895 (1962)

15. GERBER, A.
Registriertechnik für Prothetik, Okklusionsdiagnostik, Okklusionstherapie.
Schrift von Prof.A.Gerber, Zürich (1970)

16. GERBER, A.
Logik und Mystik der Kiefergelenksbeschwerden
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 74,
1. Teil 687 - 697;
2. Teil 879 - 885, (1964)

17. GLICKMANN, J.
Die telemetrische Bestimmung der funktionellen Okklusion.
Dental Report 1970. Medika Verlag Stuttgart (1971)

18. GÖPFERT, C. — Über die Einwirkung von Zahnschmerz und von Schmerzreizen der Gesichtshaut auf den reflekt. Tonus der Kaumuskulatur. Dtsch. zahnärztl. Z. 11.Jg., Heft 2, 76, (1956)

19. GÖPFERT, C., GÖPFERT, H. — Funktionelle Beziehungen zwischen Masseter -und Temporalis Muskulatur in der Darstellung ihrer Aktionsströme. Dtsch. zahnärztl. Z.,10. Jg., Heft 24, (1955)

20. GÖPFERT, C., GOPFERT, H. — Funktionelle Beziehungen zwischen Masseter -und Temporalis Muskulatur in der Darstellung ihrer Aktionsströme. Dtsch. zahnärztl. Z., 10. Jg., Heft 23, (1955)

21. GROSSMANN, W., GREENFIELD, B.E. — Die elektromyographische Untersuchung der funktionsbedingten Kiefergelenkserkrankung. Zahnärztl. Welt und Rundschau 77. Heft 18, S. 668, (1968)

22. GYSI, A. — Gysis Anatomical Articulators Dental Record 30, 591 (1910)

23. GYSI, A. — The Problem of Articulation Dental Cosmos 52, 1, (1910)

24. HANAU, R.L. — Occlusal Changes in Centric Relation J. Amer. Dent. Ass. 16, 1903, (1929)

25. HANAU, R.L. — Full Denture Prothesis - Intraoral Technique for Hanau Articulator Model H. Dental Outlook, 17, 499, (1930)

26. HANAU, R.L.
The Relations between Mechanical and Anatomical Articulation
J. Amer. Dent. Ass. 16, 1903, (1929)

27. HANAU, R.L.
The Laws of Articulation and their Practical Application
Bul. Chicago D. Soc. 6, 8, (1925)

28. HUPFAUF, L.
Klinische Funktionsdiagnostik als Suchverfahren
Zahnärztl. Mitteilungen 13, 701, (1978)

29. HUPFAUF, L.
SETZ, D.
Vergleichende Untersuchungen über die Bestimmung der sagittalen Kieferbeziehungen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 845 (1970)

30. JAHN, E.
Die mucodynamische Ex-3-N Abformmethode für zahnlose Kiefer.
Quintessenz 3, Refer.Nr. 1862, (1962)

31. JANKELSON, B.
Functional positions of occlusion.
Journal prosth. Dent. 30, 559 (1973)

32. JARABAK, J.R.
An elektromyographic analysis of muscular imbalances in occlusion.
Angle Orthodont. 26, 170, (1956)

33. KÖRBER, E.,
FRÖHLICH, E.
Die prothetische Versorgung des Lückengebisses
Carl Hanser Verlag, 2. Auflage (1977), S. 55

34. KÖRBER, E.,
FRÖHLICH, E.
Die Planung der prothetischen Versorgung des Lückengebisses
Verlag Carl Hanser (1970), S. 97 ff.

35. KÖRBER, E., LANDT, H.
Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit von Registrierungen
Dtsch. zahnärztl. Z., 34. Jhg., Nr. 2, (202) (1979)

36. KRAFT, E.
Möglichkeiten und Grenzen elektromyographischer Untersuchungsmethoden in der ZMK.
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, Heft 17, 904 ff., (1963)

37. KYDOL, W.L., SANDER, A.
Study of Posterior Mandibular movements from the Intercuspal Occlusal Position
J. Dent. Res. 40, 419 (1961)

38. LEVY, P.H.
Clinical implications of mandibulat Repositioning and the concept of an alterale centric Relation.
Dent. Clin. Noth. Amer. 19, 543, (1975)

39. LICHT, S.M.D.
Elektrodiagnosis and Elektromyography.
E. Licht Publisher (1956), 360 Fountain Street, New Haven, Connecticut

40. LIPPOLD, J.
The relation between integrated action potentials in an human muscle and its isometric tension.
J. Physiol. 117, 492 (1952)

41. LUDIN, H.-P.
Praktische Elektromyographie
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1976)

42. MAYERS, R.E.
An eiectromyographic analysis of certain muscles involved in temporomandibular movement.
Amer. J. Orthodont 36, 481 (1950)

43. Mc COLLUM, B.B., STUART, C.E.
A research report
Scientific press, South Pasadena (1955)

44. Mc GRANE, H.F.
Five basis principles of the Mc Grane full denture Procedure.
Florida State dent. J. 20, 5, (1949)

45. MOSS, M.L.
A functional cranial Analysis of centric Relation.
Dent. Clin. North. Amer. 19, 431, (1975)

46. MUNRO, R.R.
Elektromyography of the Muscles of Mastication
Monogr. oral Sci., vol 4, pp 87 - 116 Karger, Basel (1975)

47. MUNRO, R.R.
Elektromyography of the Masseter and Anterior Temporalis Muscles in the Open-Close-Clench Cycle in Temporomandibular Joint Dysfunction.
Monogr. oral Sci., vol 4, pp 117 - 125 Karger, Basel (1975)

48. NORRIS, F.H.
The Elektromyography (A Guide and Atlas for Pracical)
Verlag Grune u. Stratton, (New York/London)

49. OGLE, M.W.
Odontogenic synalgia and elektroencephalograph- recorded muscle action potentials
J. Amer. Dent. Ass. 48, 655, (1954)

50. OSBORNE, J.
Occlusion and Prothetic Dentistry
Dent. Clin. North. Amer. 13, 921, (1969)

51. PERRY, M.W.
Muscular changes associates with temporomandibular joint dysfunction.
J. Amer. Dent. Ass. 54, 645, (1957)

52. POSSELT, U.
Physiologie of Occlusion and Rehabilitation.
Blackwell Scientific Publications Oxford, (1966)

53. POSSELT, U.
Studies in the mobility of the human mandible.
Acta odont. scand. 10, 19, (1952)

54. SAUER, G.
Bestimmung und Vergleich zweier Methoden zur Registrierung der sagittalen Unterkieferlage.
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 546, (1970)

55. SCHULTE, W.
Muskelentspannung zur Therapie der Arthropathien des Kiefergelenkes
Dtsch. zahnärztl. Z., 22, 858 - 873 (1967)

56. SCHULTE, W.
Kiefergelenkserkrankungen und Funktionsstörungen des Kauorganes
Druckskripte, Tübingen WS 1972/73

57. SCHULTE, W.
Knirschen und Pressen im vollbezahnten Gebiß (u.a. Messungen der Kaumuskulatur)
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 112 - 117, (1966)

58. SCHUYLER, C.H.
Principles Employed in Full Denture Prosthesis which may be Applied to other Fields of Dentistry (Occlusion)
J. Amer. Dent. Ass. 16, 2045, (1929)

59. SCHUYLER, C.H. Intra-Oral of Establishing Maxillo-Mandibular Relation.
J. Amer. Dent. Ass. 19, 1019 (1932)

60. STÄLBERG, E. Propagation velocity in human muscle fibres in situ
Acta physiol. scand. 70, Suppl. 287 (1966)

61. STRUPPLER, A., RUPRECHT, E.O. Elektromyographie und Elektroneurographie. Grundlagen und diagnostische Bedeutung.
Münchner Med. Wochenzeitschr. 119, 2647 ff., (1969)

62. TRAGE, R. Untersuchungen zur Position des Unterkiefers beim vollbezahnten Gebiß
Dtsch. zahnärztl. z. 32, 108, (1977)

Bei Herrn Professor Dr. E. Körber möchte ich mich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas, seine theoretischen und auch praktischen Anleitungen für Versuchsaufbau und Ablauf und seine hilfreichen Ratschläge und Anregungen bei der Abformung dieser Arbeit herzlich bedanken.

Mein Dank gilt auch Frl. Stockburger, für die freundliche Unterstützung bei der Versuchsdurchführung.

LEBENSLAUF

2. 9.1948	Geboren in Stuttgart als Sohn des Zahnarztes Helmut Kappler und seiner Ehefrau Marianne, geb. Heinz.
1955 - 1959	Besuch der Grundschule in Stuttgart Bad Cannstatt.
1959 - 1965	Gottlieb-Daimler-Gymnasium in Bad Cannstatt.
1965 - 1968	Naturwissenschaftliches Gymnasium in Triberg/Schw.
21. 6.1968	Staatl. Reifeprüfung am letztgenannten Gymnasium.
1969 - 1975	Studium der Zahnmedizin an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen.
11. 6.1975	Staatsexamen in Tübingen anschließend Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent in der Abteilung für zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Tübingen.
1978 - 1979	Assistent bei Dr. Stoll in Stuttgart.
1. 4.1979	In eigener Praxis tätig.